

**APLIKASI REKOMENDASI E-BOOK PADA 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
E-BOOK 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**

LEMBARAN PENGESAHAN

APLIKASI REKOMENDASI E-BOOK PADA PERPUSTAKAAN DIGITAL MENGGUNAKAN DEEP COLLABORATIVE FILTERING BERBASIS MOBILE DAN WEB

TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Diajukan untuk Melengkapi Persyaratan Guna
Mendapatkan Gelar Sarjana Strata Satu
Program Studi Teknik Informatika

Oleh:

EVAN OWEN PASARIBU (NIM. 171111067)

IMAN FAJAR LOMBU (NIM. 171111768)

MARTUA SINAGA (NIM. 171112356)

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing,

Dr. Ronsen Purba, M.Sc.

Medan, 23 Juli 2021

Diketahui dan Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi
Teknik Informatika,

Sunaryo Winardi, S.Kom., M.T.

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Jurusan/Program Studi S-1 Teknik Informatika STMIK Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Evan Owen Pasaribu
Nim : 171111067
Peminatan : Mobile and Web

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Tugas Akhir dengan judul “APLIKASI REKOMENDASI PERPUSTAKAAN DIGITAL MENGGUNAKAN DEEP COLLABORATIVE FILTERING BERBASIS MOBILE DAN WEB”, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Tugas Akhir tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyeruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh STMIK Mikroskil Medan, yaitu pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada STMIK Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Tugas Akhir saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, STMIK Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya, secara keseluruhan atau hanya sebagai atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Tugas Akhir saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 23 Juli 2021
Saya yang membuat pernyataan,



Evan Owen Pasaribu

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Jurusan/Program Studi S-1 Teknik Informatika STMIK Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Iman Fajar Lombu
Nim : 171111768
Peminatan : Mobile and Web

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Tugas Akhir dengan judul “APLIKASI REKOMENDASI PERPUSTAKAAN DIGITAL MENGGUNAKAN DEEP COLLABORATIVE FILTERING BERBASIS MOBILE DAN WEB”, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Tugas Akhir tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh STMIK Mikroskil Medan, yaitu pencabutan ijazah yang telah terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada STMIK Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Tugas Akhir saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, STMIK Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya, secara keseluruhan atau hanya sebagai atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Tugas Akhir saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 23 Juli 2021
Saya yang membuat pernyataan,



Iman Fajar Lombu

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Jurusan/Program Studi S-1 Teknik Informatika STMIK Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Martua Sinaga
Nim : 171112356
Peminatan : Mobile and Web

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Tugas Akhir dengan judul “APLIKASI REKOMENDASI PERPUSTAKAAN DIGITAL MENGGUNAKAN DEEP COLLABORATIVE FILTERING BERBASIS MOBILE DAN WEB”, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Tugas Akhir tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh STMIK Mikroskil Medan, yaitu pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada STMIK Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Tugas Akhir saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, STMIK Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya, secara keseluruhan atau hanya sebagai atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Tugas Akhir saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 23 Juli 2021
Saya yang membuat pernyataan,



ABSTRAK

Perpustakaan digital mengalami permasalahan *sparsity* matriks *rating* karena pemberian *rating* yang cenderung jarang diberikan oleh *user*. Banyaknya *user* yang hanya menilai sejumlah kecil *item*, membuat sistem rekomendasi *collaborative filtering* memberikan hasil rekomendasi dengan akurasi yang sangat rendah.

Oleh karena itu, dalam Tugas Akhir ini digunakan metode *Deep Collaborative Filtering* (DCF) yang merupakan penggabungan pendekatan *collaborative filtering* yaitu *probabilistic matrix factorization* dengan salah satu teknik *deep learning* yaitu *marginalized denoising auto-encoders* untuk memprediksi *rating user* terhadap suatu *item*, sehingga dapat mengurangi *sparsity* matriks *rating* pada perpustakaan digital.

Berdasarkan hasil pengujian dengan *Black Box Testing* perangkat lunak secara fungsional mengeluarkan hasil sesuai dengan yang diharapkan. Hasil pengujian keakuratan *deep collaborative filtering* menunjukkan bahwa nilai *error* yang didapatkan menghasilkan nilai rata - rata *error* yang relatif rendah terhadap 30 *user* dan 100 *item* dengan 2847 jumlah data *rating* kosong yang diuji dengan nilai MAE 0,6599 dan RMSE 0,7753.

Kata Kunci : *Sparsity, DCF, collaborative filtering, deep learning*.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Aplikasi Rekomendasi *E-book* Pada Perpustakaan Digital Menggunakan *Deep Collaborative Filtering* Berbasis *Mobile* dan *Web*”.

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan guna mendapatkan gelar Sarjana Strata Satu Program Studi Teknik Informatika pada STMIK Mikroskil Medan.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk mencapai hasil yang terbaik, dan semua ini dapat tercapai berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karna itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ronsen Purba, M.Sc., selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan yang berguna selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Darwin, S.Kom., M.Kom., selaku Pendamping Pembimbing yang telah memberikan bimbingan yang berguna selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Pahala Sirait, S.T., M.Kom., selaku Ketua STMIK Mikroskil Medan.
4. Bapak Gunawan, S.Kom., M.T.I., selaku Wakil Ketua I STMIK Mikroskil Medan
5. Bapak Sunaryo Winardi, S.Kom., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika STMIK Mikroskil Medan.
6. Ibu Wulan Sri Lestari, S.Kom., M.Kom., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Informatika STMIK Mikroskil Medan.
7. Seluruh Dosen STMIK Mikroskil Medan yang telah mengajar, dan membimbing penulis selama perkuliahan.
8. Kedua Orang Tua Penulis yang telah memberikan dukungan maupun materi sehingga dapat menyelesaikan pendidikan hingga selesai.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, Penulis menyadari bahwa masih banyak kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu penulis berharap para pembaca sudi kiranya memaklumi segala kesalahan dan kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, dan memberikan manfaat bagi yang membutuhkan.

Medan, 23 Juli 2021

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Metodologi Pengembangan Sistem	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perpustakaan Digital.....	5
2.1.1 Jenis Koleksi Digital	5
2.1.2 Format File Digital.....	6
2.1.3 Digitalisasi File Digital	7
2.1.4 Klasifikasi Item Perpustakaan.....	9
2.2 Sistem Rekomendasi.....	10
2.2.1 Content-based Recommendation	11
2.2.2 Collaborative Filtering Recommendation	13
2.2.3 Hybrid Approaches	15
2.3 Deep Learning	16
2.3.1 Multilayer Perceptron.....	17

2.3.2 Autoencoder Based Recommendation	17
2.3.3 Restricted Boltzmann Machine based Recommendation.....	18
2.4 Deep Collaborative Filtering	19
2.4.1 Matriks Factorization	20
2.4.2 Marginalized Denoising Auto-encoder	22
2.4.3 Normalisasi Data Pada Deep Collaborative Filtering	22
2.4.4 Menghitung Kesalahan Model (<i>Loss Function</i>).....	24
2.4.5 Tahapan Rekomendasi Pada Deep Collaborative Filtering.....	24
2.5 Pengujian Perangkat Lunak dan Pengujian Keakuratan Hasil Rekomendasi.....	28
2.5.1 Pengujian Perangkat Lunak dengan Black Box Testing	28
2.5.2 Pengujian Keakuratan Hasil Rekomendasi	28
BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN.....	30
3.1 Analisis	30
3.1.1 Analisis Proses	30
3.1.1.1 Deep Collaborative Filtering	30
3.1.2 Analisis Kebutuhan	46
3.1.2.1 Analisis Kebutuhan Fungsional	46
3.1.2.2 Analisis Kebutuhan <i>Non-Fungsional</i>	59
3.2 Perancangan.....	60
3.2.1 Perancangan Tampilan	60
3.2.1.1 Tampilan Website	60
3.2.1.2 Tampilan Mobile.....	77
3.2.2 Perancangan Basis Data	86
BAB IV HASIL DAN PENGUJIAN	93
4.1 Hasil.....	93
4.1.1 Website.....	93
4.1.2 Mobile	106

4.2 Pengujian	116
4.2.1 Black Box Testing.....	116
4.2.2 Pengujian Keakuratan Hasil Rekomendasi	129
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	136
5.1 Kesimpulan.....	136
5.2 Saran	136
DAFTAR PUSTAKA.....	137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur <i>Autoencoder</i>	18
Gambar 2.2 <i>Restricted Boltzmann Machine</i> dengan unit tersembunyi biner dan unit terlihat <i>softmax</i>	19
Gambar 2.3 Ilustrasi Penerapan <i>Deep Collaborative Filtering</i>	20
Gambar 2.4 Contoh <i>Matriks Factorization</i>	21
Gambar 2.5 Perkalian Matriks <i>Latent Factor User</i> dan <i>Item</i>	26
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> dari <i>Deep Collaborative Filtering</i>	30
Gambar 3.2 <i>Use case Diagram Web</i>	47
Gambar 3.3 <i>Use case Diagram Mobile</i>	47
Gambar 3.4 Perancangan Halaman Utama <i>Website</i>	61
Gambar 3.5 Perancangan Halaman Pendaftaran	62
Gambar 3.6 Perancangan Halaman Masuk.....	63
Gambar 3.7 Perancangan Halaman Beranda <i>Member</i>	64
Gambar 3.8 Perancangan Halaman Profil	65
Gambar 3.9 Perancangan Halaman Kategori <i>Item Digital</i>	66
Gambar 3.10 Perancangan Halaman Pencarian.....	67
Gambar 3.11 Perancangan Halaman Detail <i>Item Digital</i>	68
Gambar 3.12 Perancangan Halaman Baca <i>Item Digital</i>	69
Gambar 3.13 Perancangan Halaman Tentang	70
Gambar 3.14 Perancangan Halaman <i>Dashboard Admin</i>	70
Gambar 3.15 Perancangan Halaman Profil <i>Admin</i>	71
Gambar 3.16 Perancangan Halaman <i>Item Digital</i>	72
Gambar 3.17 Perancangan Halaman Tambah <i>Item digital</i>	73
Gambar 3.18 Perancangan Halaman Data <i>Member</i>	73
Gambar 3.19 Perancangan Halaman Verifikasi <i>Member Baru</i>	74
Gambar 3.20 Perancangan Halaman Peminjaman	75
Gambar 3.21 Perancangan Halaman Laporan	76
Gambar 3.22 Perancangan Pengujian Keakuratan Sistem Rekomendasi.....	76
Gambar 3.23 Perancangan Halaman Masuk <i>Mobile</i>	77
Gambar 3.24 Perancangan Halaman Pendaftaran <i>Mobile</i>	78
Gambar 3.25 Perancangan Halaman Beranda <i>Mobile</i>	79

Gambar 3.26 Perancangan Halaman Pencarian <i>Mobile</i>	80
Gambar 3.27 Perancangan Halaman Detail <i>Item Digital Mobile</i>	81
Gambar 3.28 Perancangan Halaman Baca <i>Item Digital Mobile</i>	82
Gambar 3.29 Perancangan Halaman Kategori <i>Item Digital Mobile</i>	82
Gambar 3.30 Perancangan Halaman <i>Item Digital Saya Mobile</i>	83
Gambar 3.31 Perancangan Halaman Menu Profil <i>Mobile</i>	84
Gambar 3.32 Perancangan Halaman Profil <i>Member Mobile</i>	85
Gambar 3.33 Perancangan Halaman Riwayat Peminjaman <i>Mobile</i>	86
Gambar 3.34 Relasi Antar Tabel Basis Data Perpustakaan Digital	88
Gambar 4.1 Tampilan Halaman Utama <i>Website</i>	93
Gambar 4.2 Tampilan Halaman <i>Login</i>	94
Gambar 4.3 Tampilan Halaman <i>Registrasi</i>	95
Gambar 4.4 Tampilan Halaman Profil	96
Gambar 4.5 Tampilan Halaman Kategori.....	96
Gambar 4.6 Tampilan Halaman Pencarian.....	97
Gambar 4.7 Tampilan Halaman <i>Item Terpinjam</i>	97
Gambar 4.8 Tampilan Halaman Riwayat Peminjaman	98
Gambar 4.9 Tampilan Detail <i>Item</i>	98
Gambar 4.10 Tampilan Halaman Baca <i>Item</i>	99
Gambar 4.11 Tampilan Halaman Kontak.....	100
Gambar 4.12 Tampilan Halaman Tentang	100
Gambar 4.13 Tampilan Halaman <i>Loign</i>	101
Gambar 4.14 Tampilan Halaman <i>Dashboard</i>	101
Gambar 4.15 Tampilan Halaman Profil	102
Gambar 4.16 Tampilan Halaman Kelola <i>Item Digital</i>	102
Gambar 4.17 Tampilan Halaman Tambah <i>Item Digital</i>	103
Gambar 4.18 Tampilan Halaman Kelola <i>Member</i>	103
Gambar 4.19 Tampilan Halaman Verifikasi <i>Member Baru</i>	104
Gambar 4.20 Tampilan Halaman Kelola Peminjaman	104
Gambar 4.21 Tampilan Halaman Laporan	105
Gambar 4.22 Tampilan Halaman Feedback	105
Gambar 4.23 Tampilan Halaman Pengujian.....	106
Gambar 4.24 Tampilan Halaman <i>Login</i>	106

Gambar 4.25 Tampilan Halaman <i>Registrasi</i>	107
Gambar 4.26 Tampilan Halaman Home	108
Gambar 4.27 Tampilan Halaman Profil	109
Gambar 4.28 Tampilan Halaman Kategori.....	110
Gambar 4.29 Tampilan Halaman Pencarian.....	111
Gambar 4.30 Tampilan Halaman Buku Terpinjam	112
Gambar 4.31 Tampilan Halaman Riwayat Peminjaman	113
Gambar 4.32 Tampilan Halaman Detail <i>Item</i>	114
Gambar 4.33 Tampilan Halaman Baca <i>Item</i>	115
Gambar 4.34 Tampilan Halaman Kontak.....	115
Gambar 4.35 Tampilan Halaman Tentang	116

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelas Umum <i>Dewey Decimal Classification</i> 23	9
Tabel 2.2 Kelas Utama <i>Universal Decimal Classification</i>	10
Tabel 2.3 Contoh Matriks <i>Rating Content-based Recommendation</i>	12
Tabel 2.4 Contoh Matriks <i>User x Item</i> Sistem Rekomendasi <i>Collaborative Filtering</i>	14
Tabel 2.5 Ringkasan Notasi.....	20
Tabel 2.6 Data Sebelum Normalisasi	23
Tabel 2.7 Data Setelah Normalisasi	23
Tabel 2.8 Matriks <i>Rating</i> Hasil Prediksi	27
Tabel 2.9 Matriks <i>Rating</i> Prediksi Setelah Normalisasi.....	27
Tabel 3.1 Contoh Inisialisasi Matriks <i>Rating</i> (R).....	31
Tabel 3.2 Contoh Inisialisasi Fitur <i>User</i> (X)	31
Tabel 3.3 Contoh Inisialisasi Fitur <i>Item</i> (Y).....	31
Tabel 3.4 Contoh Inisialisasi <i>Mapping Funtion User</i> (W1).....	31
Tabel 3.5 Contoh Inisialisasi <i>Mapping Funtion Item</i> (W2).....	32
Tabel 3.6 Contoh Inisialisasi Matriks <i>Projection User</i> (P1)	32
Tabel 3.7 Contoh Inisialisasi Matriks <i>Projection Item</i> (P2).....	32
Tabel 3.8 <i>Latent Factor User</i> (U).....	32
Tabel 3.9 <i>Latent Factor Item</i> (V)	32
Tabel 3.10 Contoh Inisialisasi Matriks <i>Rating Non-empty Entries</i> (A)	33
Tabel 3.11 Matriks <i>Rating</i> Setelah Normalisasi	33
Tabel 3.12 Hasil Perkalian Matriks <i>P1</i> dan <i>UT</i>	34
Tabel 3.13 Hasil Perkalian Matriks <i>W1</i> dan <i>X</i>	34
Tabel 3.14 Hasil Pengurangan <i>P1UT</i> dan <i>W1X</i>	34
Tabel 3.15 Hasil Pengkuadratan Matriks <i>P1UT – W1X</i>	34
Tabel 3.16 Hasil Perkalian Matriks <i>P2</i> dan <i>VT</i>	35
Tabel 3.17 Hasil Perkalian Matriks <i>W2</i> dan <i>Y</i>	35
Tabel 3.18 Hasil Pengurangan <i>P2VT</i> dan <i>W2Y</i>	35
Tabel 3.19 Hasil Pengkuadratan Matriks <i>P2VT – W2Y</i>	35
Tabel 3.20 Hasil Perkalian Matriks <i>U</i> dan <i>VT</i>	36
Tabel 3.21 Hasil Pengurangan Matriks <i>rating R</i> dengan <i>UVT</i>	36
Tabel 3.22 Hasil Perhitungan <i>A ⊙ R – UVT</i>	36

Tabel 3.23 Hasil Perkalian Matriks $X \tilde{X}^T$	37
Tabel 3.24 Hasil Perhitungan $\times P1UTXT$	37
Tabel 3.25 Nilai $S1$ Hasil Penjumlahan $X \tilde{X}^T$ dan $\times P1UTXT$	38
Tabel 3.26 Hasil Perkalian Matriks $X \tilde{X}^T$	38
Tabel 3.27 Hasil Perhitungan $\times XX^T$	38
Tabel 3.28 Nilai $Q1$ Hasil Penjumlahan $X \tilde{X}^T$ dan $\times XX^T$	38
Tabel 3.29 Hasil <i>Update W1</i> Perulangan 1	39
Tabel 3.30 Hasil Perkalian Matriks $Y \tilde{Y}^T$	39
Tabel 3.31 Hasil Perhitungan $\times P2VTYT$	39
Tabel 3.32 Hasil Perkalian Matriks $Y \tilde{Y}^T$	40
Tabel 3.33 Hasil Perhitungan $\times YY^T$	40
Tabel 3.34 Nilai $Q2$ Hasil Penjumlahan $Y \tilde{Y}^T$ dan $\times YY^T$	40
Tabel 3.35 Hasil <i>Update W2</i> Perulangan 1	40
Tabel 3.36 Hasil Perhitungan $W1XU$	41
Tabel 3.37 Hasil Perhitungan $(UTU) - 1$	41
Tabel 3.38 Hasil <i>Update P1</i> Perulangan 1.....	41
Tabel 3.39 Hasil Perhitungan $W2YV$	41
Tabel 3.40 Hasil Perhitungan $(VTV) - 1$	42
Tabel 3.41 Hasil <i>Update P2</i> Perulangan 1.....	42
Tabel 3.42 <i>Latent Factor User</i> Perulangan 1	42
Tabel 3.43 <i>Latent Factor Item</i> Perulangan 1	42
Tabel 3.44 Hasil <i>Update W1</i> Perulangan 2	43
Tabel 3.45 Hasil <i>Update W2</i> Perulangan 2	43
Tabel 3.46 Hasil <i>Update P1</i> Perulangan 2.....	43
Tabel 3.47 Hasil <i>Update P1</i> Perulangan 2.....	43
Tabel 3.48 <i>Latent Factor User</i> Perulangan 2	44
Tabel 3.49 <i>Latent Factor Item</i> Perulangan 2	44
Tabel 3.50 Hasil <i>Update W1</i> Perulangan 3	44
Tabel 3.51 Hasil <i>Update W2</i> Perulangan 3	45
Tabel 3.52 Hasil <i>Update P1</i> Perulangan 3.....	45
Tabel 3.53 Hasil <i>Update P1</i> Perulangan 3.....	45
Tabel 3.54 <i>Latent Factor User</i> Perulangan 3	45
Tabel 3.55 <i>Latent Factor Item</i> Perulangan 3	45

Tabel 3.56 Matriks <i>Rating</i> Hasil Perkalian <i>Latent Factor User</i> dan <i>Item</i>	46
Tabel 3.57 Hasil Normalisasi Matriks <i>Rating</i> Menggunakan <i>Min-max Normalization</i>	46
Tabel 3.58 Aktor Pada <i>Use Case Diagram Web</i> dan <i>Mobile</i>	48
Tabel 3.59 <i>Use Case</i> pada <i>Web</i> dan <i>Mobile</i>	48
Tabel 3.60 Narasi <i>Use Case Login</i>	50
Tabel 3.61 Narasi <i>Use Case</i> Mengelola Data <i>Member</i>	50
Tabel 3.62 Narasi <i>Use Case</i> Melakukan Verifikasi <i>Member</i>	51
Tabel 3.63 Narasi <i>Use Case</i> Mengelola Data <i>Pustaka</i>	51
Tabel 3.64 Narasi <i>Use Case</i> Mengelola Transaksi <i>Peminjaman</i>	52
Tabel 3.65 Narasi <i>Use Case</i> Membuat Laporan.....	52
Tabel 3.66 Narasi <i>Use Case</i> Mendapat Rekomendasi Koleksi dari Algoritma DCF.....	53
Tabel 3.67 Narasi <i>Use Case</i> Meminjam Koleksi.....	53
Tabel 3.68 Narasi <i>Use Case</i> Membaca Koleksi	54
Tabel 3.69 Narasi <i>Use Case</i> Memberi Ulasan & <i>Rating</i> Koleksi	54
Tabel 3.70 Narasi <i>Use Case</i> Mendaftar Sebagai <i>Member</i>	55
Tabel 3.71 Narasi <i>Use Case</i> Mendaftar Sebagai <i>Member</i>	56
Tabel 3.72 Narasi <i>Use Case</i> Melihat Detail Koleksi.....	56
Tabel 3.73 Narasi <i>Use Case</i> Menyaring dan Mencari Koleksi	56
Tabel 3.74 Narasi <i>Use Case</i> Mengedit Profil <i>Member</i>	57
Tabel 3.75 Narasi <i>Use Case</i> Melakukan Pengujian Rekomendasi.....	57
Tabel 3.76 Analisis Kebutuhan Non-Fungsionalitas dengan Kerangka PIECES	59
Tabel 3.77 Relasi antara entitas pada ERD	86
Tabel 3.78 Struktur Tabel <i>user</i>	89
Tabel 3.79 Struktur Tabel <i>Admin</i>	89
Tabel 3.80 Struktur Tabel <i>books</i>	90
Tabel 3.81 Struktur Tabel <i>ratings</i>	91
Tabel 3.82 Struktur Tabel <i>feedback</i>	91
Tabel 3.83 Struktur Tabel <i>peminjaman</i>	92
Tabel 3.84 Struktur Tabel Pengujian	92
Tabel 4.1 Pengujian Halaman <i>Guest</i>	117
Tabel 4.2 Pengujian halaman <i>member</i> yang belum memberikan <i>rating</i>	119
Tabel 4.3 Pengujian halaman <i>member</i> yang telah memberikan <i>rating</i>	120

Tabel 4.4 Pengujian halaman <i>board member</i> yang telah meminjam <i>item</i> namun belum memberikan <i>rating</i>	122
Tabel 4.5 Pengujian halaman <i>board member</i> yang telah meminjam <i>item</i> dan telah memberikan <i>rating</i>	123
Tabel 4.6 Pengujian halaman <i>board member</i> yang telah meminjam <i>item</i> dan telah memberikan <i>rating</i>	124
Tabel 4.7 Pengujian halaman <i>board admin</i>	125
Tabel 4.8 Matriks <i>Rating</i> Pengujian 1	129
Tabel 4.9 Matriks Prediksi <i>Rating</i> Pengujian 1	130
Tabel 4.10 Matriks <i>Rating</i> Pengujian 2	131
Tabel 4.11 Matriks Prediksi <i>Rating</i> Pengujian 2	132
Tabel 4.12 Matriks <i>Rating</i> Pengujian 3	134
Tabel 4.13 Prediksi Matriks <i>Rating</i> Pengujian 3	134

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup	140
---------------------------------------	-----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 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 *item* perpustakaan digital cenderung jarang diberikan oleh *user* (Wenige & Ruhland, 2018).

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 akan lebih 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 E-BOOK PADA PERPUSTAKAAN DIGITAL MENGGUNAKAN DEEP COLLABORATIVE FILTERING BERBASIS MOBILE DAN WEB”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka yang menjadi permasalahan pada penelitian ini adalah:

1. *User* jarang memberikan *rating* pada perpustakaan digital sehingga mengalami *sparsity* matriks *rating*.
2. *User* tidak mendapat *item* yang disarankan atau rekomendasi yang dapat menjadi pertimbangan dalam menentukan *item* yang sesuai dengan kebutuhan dan keinginan *user*.

1.3 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 *item* pada perpustakaan digital yang memberikan rekomendasi dalam menentukan *item* yang sesuai dengan kebutuhan dan keinginan *user*.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil penerapan *deep collaborative filtering* dapat memberikan rekomendasi *item* digital yang sesuai dengan kebutuhan dan keinginan *user*.
2. Hasil laporan ini diharapkan menjadi referensi dalam pengembangan sistem rekomendasi perpustakaan digital yang lebih besar.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penulisan tugas akhir ini adalah:

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

Admin:

- a. Mengelola data *item* digital.
- b. Melakukan pengujian keakuratan sistem rekomendasi.
- c. Melakukan verifikasi *member* terdaftar.
- d. Mengelola laporan *member*, *item* digital, *member* baru.

Member:

- a. Mendapat rekomendasi *item* digital.
- b. Mencari, membaca, mengembalikan dan memperpanjang *item* digital.
- c. Memberi *rating* dan *review* *item* digital yang telah dibaca.

Guest:

- a. Mendapat rekomendasi populer *item* digital.
- b. Mencari dan melihat rincian *item* digital.
- c. Melakukan pendaftaran pada sistem.

4. Dataset yang digunakan sejumlah 100 data buku digital yang diperoleh dari www.kaggle.com 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. *Source code* algoritma *deep collaborative filtering* diperoleh dari <https://github.com/smayru/mDacf/commits/master>.

1.6 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.

2. 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)*.

3. Perancangan

Melakukan perancangan tampilan (interface) menggunakan software Adobe XD, pemodelan basis data menggunakan Microsoft Visio, yang akan diimplementasikan ke dalam basis data menggunakan *firebase*.

4. Implementasi

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

5. Pengujian Program

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

a. Pengujian fungsionalitas dari aplikasi perpustakaan digital, menggunakan metode *Black Box Testing* untuk menguji perangkat lunak apakah hasilnya sesuai dengan yang diharapkan.

b. 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.

6. Kesimpulan hasil pengujian

Penarikan kesimpulan diambil berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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 *rating* 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 *rating* dari *user*. Namun, pemberian *rating* pada perpustakaan digital jarang dilakukan oleh *user* sehingga mempengaruhi kualitas rekomendasi (Wenige & Ruhland, 2018).

2.1.1 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).

2. E-Jurnal

Seperti makalah penelitian, komunikasi ilmiah, terbitan berkala ilmiah dalam bentuk elektronik merupakan *tools* yang berguna bagi para peneliti. *E-jurnal* 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-jurnal* 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).

3. 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).

2.1.2 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).

2. 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).

3. 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* (*Hypertext Preprocessor*), *Perl*, *JavaScript*, *VBScript*, dll. Namun, HTML tidak bisa berdiri sendiri sebagai bahasa pemrograman web. HTML juga memiliki penggunaan *tag* yang banyak dan versi HTML yang baru belum tentu bisa dijalankan pada semua *browser* (Fitri & Syah, 2020).

4. 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).

2.1.3 Digitalisasi File Digital

Digitalisasi didefinisikan 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 *file* 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*, melewatkannya 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.

2. *Scanning* Dokumen

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

3. *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. Penggunaan OCR yang dikhususkan untuk menghindari masalah penggunaan bahasa skrip latin dengan karakter beraksen.

4. *Proofreading*

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

- a. 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.
- b. Mencetak teks pindaian dan membandingkannya dengan salinan aslinya. Tandai koreksi apapun 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.

5. *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.

6. Versi Final

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.

2.1.4 Klasifikasi Item Perpustakaan

Klasifikasi merupakan salah satu *tools* tertua yang dikembangkan oleh ahli pustakawan dan dianggap sebagai dasar dari kepustakawan 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 2.1 Kelas Umum Dewey Decimal Classification 23

Sumber (Suresha & Narayanaswamy, 2016)

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

2. 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). UDC mencakup seluruh domain pengetahuan, dengan 10 kelas utama dan kelas utama ke-4 yang masih kosong, dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kelas Utama *Universal Decimal Classification*

Sumber (Satija, 2008)

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

Dari ke-10 kelas utama tersebut dapat diperluas lagi dengan notasi dari tabel 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 lokal (Satija, 2008).

2.2 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 penggunaannya. 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. Metode 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).

2.2.1 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 lima buah *item* i_1, i_2, i_3, i_4, i_5 yang memiliki empat buah fitur j_1, j_2, j_3, j_4 . 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 tabel 2.3.

Tabel 2.3 Contoh Matriks Rating Content-based Recommendation

#	j_1	j_2	j_3	j_4	Rating
i_1	1	1	1	1	4
i_2	1	0	1	1	3
i_3	1	1	0	0	2
i_4	1	0	1	1	3
i_5	1	1	0	1	?

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

$$w(u, j_k) = \frac{1}{|I_u|} \sum_{I \in I_u} x(i, j) r(u, i) \quad (1)$$

Di mana:

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

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

$x(i, j)$ merupakan nilai kehadiran (angka 1 atau 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.

$$R(u, i) = \frac{1}{|D_i|} \sum_{j \in D_i} w(u, j) \quad (2)$$

Di mana:

$R(u, i)$ merupakan prediksi *rating* *user* u terhadap *item* i.

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

Content-based recommendation memiliki beberapa kelebihan (Ricci, et al., 2015), yaitu:

1. *Content-based recommendation* hanya memanfaatkan *rating* yang diberikan oleh *user* aktif.
2. *Content-based recommendation* dapat memberikan rekomendasi dari *user* lain yang menyukai *item* serupa.

3. *Content-based recommendation* dapat memberikan rekomendasi *item* yang belum dinilai *user* mana pun.

Namun, *content-based recommendation* juga memiliki beberapa kelemahan (Ricci, et al., 2015) , yaitu:

1. *Content-based recommendation* memiliki batasan dengan jenis fitur dengan objek yang direkomendasikan.
2. *Content-based recommendation* tidak dapat menemukan sesuatu yang tidak terduga, sehingga sistem akan merekomendasikan *item* yang serupa dengan yang sudah di *rating* sebelumnya.
3. Sistem rekomendasi harus memiliki *rating* agar dapat memberikan rekomendasi yang akurat, oleh karena itu hanya sedikit *item* yang dapat direkomendasikan sistem.

2.2.2 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 matriks *rating* dengan metode *user to user*. *Similarity* antara *user* dapat dihitung berdasarkan *rating* yang diberikan 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 *heuristic*) membuat prediksi berdasarkan kesamaan antara *user* dan *item*. Pendekatan berbasis model berusaha membuat model prediksi melalui *machine learning*. Secara khusus, model berbasis matriks *factorization* 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 *rating* 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* u_1, u_2, \dots, u_5 dan lima *item* i_1, i_2, \dots, i_5 . Sistem rekomendasi akan memprediksi berapa *rating* yang akan diberikan oleh u_1 kepada i_5 seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Contoh Matriks User x Item Sistem Rekomendasi Collaborative Filtering

	<i>Item i₁</i>	<i>Item i₂</i>	<i>Item i₃</i>	<i>Item i₄</i>	<i>Item i₅</i>
<i>User i₁</i>	5	7	5	7	?
<i>User i₂</i>	5	7	5	7	9
<i>User i₃</i>	5	7	5	7	9
<i>User i₄</i>	6	6	6	6	5
<i>User i₅</i>	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):

$$S_{uj} = \frac{\sum_{x \in I} (U_x - \bar{U})(J_x - \bar{J})}{\sqrt{\sum_{x \in I_{uj}} (U_x - \bar{U})^2 \sum_{x \in I_{uj}} (J_x - \bar{J})^2}} \quad (3)$$

Keterangan:

S_{uj} adalah *similarity* antara *user* u dan *user* j

U_x adalah interaksi *user* u pada pekerjaan x

\bar{U} adalah rata-rata interaksi dari *user* u

J_x adalah interaksi dari *user* j pada pekerjaan x

\bar{J} adalah rata-rata interaksi dari pengguna j

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

$$U'_x = \bar{U} + \frac{\sum_{j \in \text{Raters of } x} (J_x - \bar{J})}{\sum_{j \in \text{Raters of } x} |S_{uj}|} \quad (4)$$

Keterangan:

U'_x adalah prediksi interaksi *user* u pada pekerjaan x

\bar{U} adalah rata-rata interaksi dari *user* u

J_x adalah interaksi dari *user j* pada pekerjaan x

S_{uj} 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 banyaknya data yang masih kosong. 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*, 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*)

2.2.3 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 ada pada *content-based* dan *collaborative filtering recommendation*, dan menjadi target penelitian yang sedang marak dikembangkan (Lü, et al., 2012). Terdapat beberapa cara penggabungan yang dapat dilakukan dalam metode *hybrid* (Li & Kim, 2003) 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*.

2. 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*).

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

Penggabungan ini menggabungkan informasi *item* dan *rating user* untuk menghitung kemiripan *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-start problem*).

2.3 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 menggunakan 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 mencoba merekonstruksi masukan data di lapisan keluaran secara umum, lapisan *bottleneck* (lapisan paling tengah) digunakan sebagai representasi fitur menonjol dari data masukan. Ada banyak varian dari *auto-encoders* seperti *denoising auto-encoder*, *marginalized denoising auto-encoder*, *sparse auto-encoder*, *contractive auto-encoder* dan *variational auto-encoder* (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). Terdapat beberapa teknik *deep learning* yang digunakan pada sistem rekomendasi (Zayyad & Kurniawardhani, 2021) yaitu:

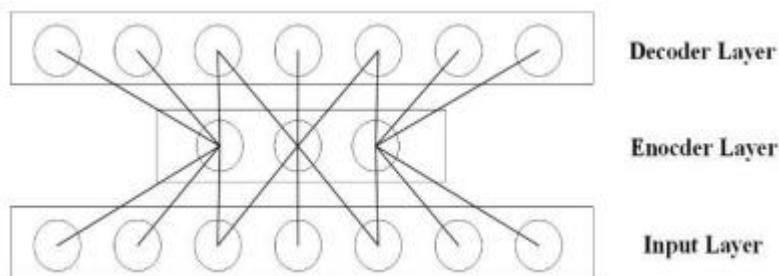
2.3.1 Multilayer Perceptron

Multilayer Perceptron (MLP) adalah bentuk khusus dari *Neural Network* (NN), MLP merupakan model komputasi yang sering digunakan untuk memecahkan masalah pembelajaran. Ini terdiri dari grafik terarah berbobot dari satu set neuron yang saling berhubungan yang diatur dalam lapisan terpisah: lapisan *input*, lapisan tersembunyi, dan lapisan *output*. Setiap lapisan memiliki satu atau lebih neuron. Setiap neuron i terhubung ke neuron j dari lapisan berikutnya dengan satu set link berbobot yang dilambangkan dengan w_{1i}, \dots, w_{ji} . Pada lapisan input, $\{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ mewakili m sinyal *input* yang terkait dengan m atribut. Pada lapisan tersembunyi dan keluaran, setiap neuron j menerima sinyal masukan sebagai kombinasi linier dari keluaran yang diberikan oleh: $v_j = \sum_{i=0}^m w_{ji} a_i$. Kombinasi linier ditransformasikan menjadi sinyal keluaran menggunakan fungsi aktivasi (v_j). Sinyal-sinyal ini dikirim dalam arah maju lapis demi lapis ke lapisan keluaran yang memberikan keluaran y_j untuk setiap neuron keluaran j . Dalam klasifikasi, setiap kelas dikaitkan dengan neuron keluaran dan prediksi biasanya diberikan oleh yang memiliki tingkat aktivasi tertinggi (Ribeiro, et al., 2012).

2.3.2 Autoencoder Based Recommendation

Autoencoder adalah jenis jaringan saraf yang digunakan untuk mengekstraksi fitur dari data, atau merekonstruksi data *input* dari data yang rusak, yang mirip dengan tugas rekomendasi. Jaringan *autoencoder* klasik memiliki lapisan *input* dan *output* yang terhubung penuh dengan ukuran yang sama, dan lapisan tersembunyi yang terhubung penuh dengan ukuran yang lebih kecil. Saat dilatih, model menggunakan data *input* dan data *output* yang

sama. Gambar 2.1 adalah struktur *autoencoder* yang menunjukkan bahwa *autoencoder* dapat digunakan dalam sistem rekomendasi. Sebagai contoh, setelah melatih jaringan dengan kode vektor dalam basis data kode, jaringan dapat melakukan pekerjaan rekomendasi dengan cara berikut: Diberikan *input* vektor kode 0-1, *output* jaringan dapat dianggap sebagai *recommendation score vector*. Dengan kata lain, nilai setiap dimensi dari vektor keluaran adalah skor rekomendasi dari API yang bersangkutan. API diberi peringkat berdasarkan skor, dan API dengan peringkat tinggi akan menjadi hasil rekomendasi (Liu, et al., 2019). Berikut struktur dari *autoencoder*:

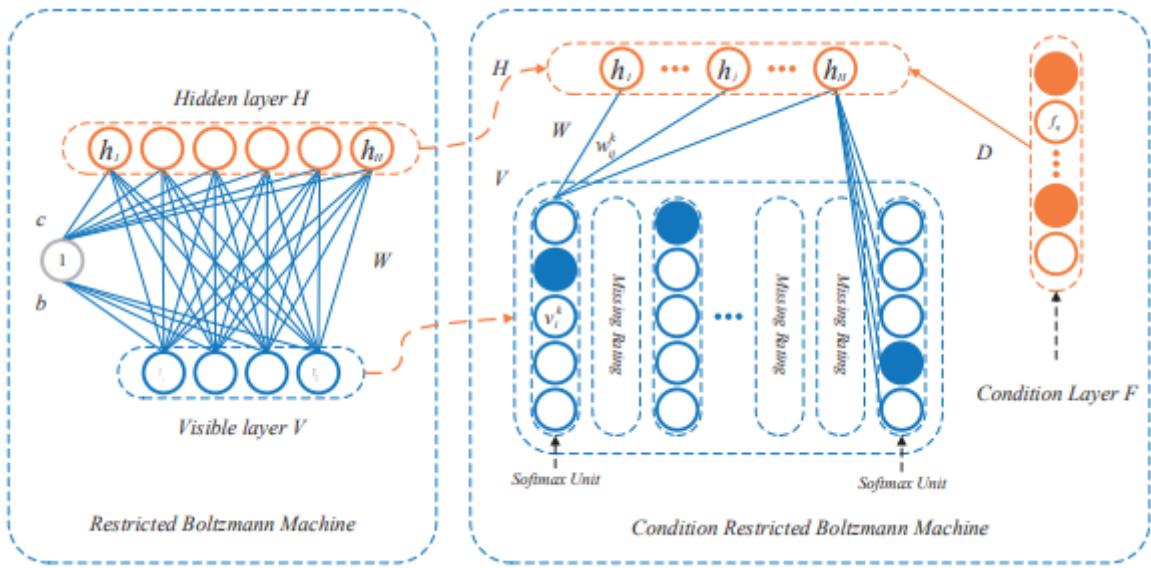


Gambar 2.1 Struktur Autoencoder

Sumber (Liu, et al., 2019)

2.3.3 Restricted Boltzmann Machine based Recommendation

Restricted Boltzmann Machine (RBM) adalah model graf generatif tak berarah dua lapis, yang terdiri dari m unit tampak $V = (v_1, \dots, v_m)$ mewakili data yang dapat diamati dan n unit tersembunyi $H = (h_1, \dots, h_n)$ menangkap dependensi antara variabel yang dapat diamati yang ditunjukkan seperti pada gambar 2.2. Ketika model RBM dasar digunakan untuk CF, setiap *user* atau *item* dapat dianggap sebagai kasus pelatihan tunggal untuk RBM. Setiap RBM mungkin memiliki jumlah unit *softmax* yang terlihat berbeda tetapi memiliki jumlah unit tersembunyi yang sama, yaitu, semua bobot dan bias yang terhubung dibagi di antara model RBM (Xie, et al., 2016). Berikut model dari RBM:



Gambar 2.2 Restricted Boltzmann Machine dengan unit tersembunyi biner dan unit terlihat softmax

Sumber (Xie, et al., 2016)

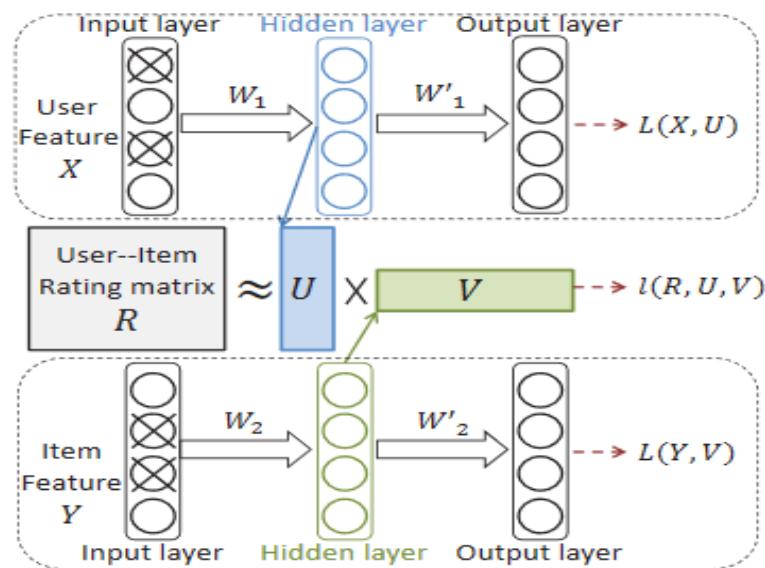
2.4 Deep Collaborative Filtering

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 menjembatani matriks *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 2.5 dan ilustrasi penerapan *deep collaborative filtering* dapat dilihat pada gambar 2.3.

Tabel 2.5 Ringkasan Notasi

Sumber (Li, et al., 2015)

Notasi	Deskripsi
m	Jumlah <i>user</i>
n	Jumlah <i>item</i>
d	Dimensi <i>latent factor</i>
p	Dimensi <i>user feature</i>
q	Dimensi <i>item feature</i>
$R \in \mathbb{R}^{m \times n}$	Matriks <i>Rating</i>
$U \in \mathbb{R}^{m \times d}$	<i>Latent factor user</i>
$V \in \mathbb{R}^{n \times d}$	<i>Latent factor item</i>
$X \in \mathbb{R}^{p \times m}$	<i>Side information of user</i>
$Y \in \mathbb{R}^{q \times n}$	<i>Side information of item</i>
$W_1 \in \mathbb{R}^{p \times p}$	<i>Mapping Function</i> untuk X di <i>auto-encoder</i>
$P_1 \in \mathbb{R}^{p \times d}$	Matriks <i>Projection</i> untuk U



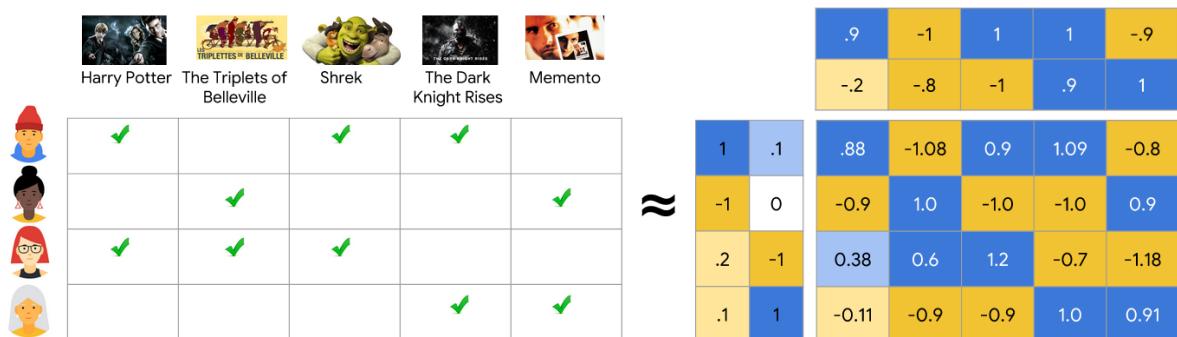
Gambar 2.3 Ilustrasi Penerapan Deep Collaborative Filtering

Sumber (Li, et al., 2015)

2.4.1 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* $R \in \mathbb{R}^{m \times n}$ yang terdiri dari *rating* yang diberikan oleh m *user* untuk n *item*

menjadi dua *low-rank* $U \in \mathbb{R}^{m \times d}$ dan $V \in \mathbb{R}^{n \times d}$ yang terdiri dari fitur *user* dan *item*. Contoh matriks *factorization* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 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, salah satunya 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 *deep 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:

$$\arg_{U,V}^{\min} l(R, U, V) + \beta \|U\|_F^2 + \|V\|_F^2 \quad (5)$$

Di mana $l(R, U, V)$ adalah *loss function* untuk memprediksi *rating* menggunakan *latent factor* U dan V dan dua istilah terakhir adalah regularisasi yang digunakan untuk menghindari *overfitting*. $\|\cdot\|_F$ merupakan *frobenius norm* dan $l(R, U, V) = \|C \odot (R - UV^T)\|_F^2$. C merupakan bobot matriks (Li, et al., 2015).

2.4.2 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 memungkinkan 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 $X = [x_1, \dots, x_k]$, mDA mempertimbangkan beberapa lintasan (misalnya, *c-times*) dari *corruptions* acak X untuk mendapatkan \tilde{X} . Kemudian merekonstruksi *input* dengan pemetaan W yang meminimalkan *squared loss* sebagai berikut:

$$\mathcal{L}(W) = \frac{1}{2ck} \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^k \|x_i - Wx \sim \tilde{x}_{ij}\|^2, \quad (6)$$

Di mana \tilde{x}_{ij} merepresentasikan *corrupted version* ke- j dari *input original* x_i dan W merepresentasikan pemetaan yang diharapkan dapat meminimalkan *loss function*.

Objektif di atas dapat ditulis ulang dalam bentuk matriks sebagai

$$\mathcal{L}(W) = \|\bar{X} - W\tilde{X}\|_F^2, \quad (7)$$

Di mana $\bar{X} = [X; \dots; X]$, merupakan *c-times repeated version* dari X , dan \tilde{X} merupakan *corrupted version*. $W = SQ^{-1}$, di mana $S = \tilde{X}\tilde{X}^T$ dan $S = \bar{X}\bar{X}^T$ (Li, et al., 2015).

2.4.3 Normalisasi Data Pada Deep Collaborative Filtering

Normalisasi data dilakukan pada matriks *rating* yang mengindikasikan *rating* 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). Berikut rumus untuk metode *zero-mean normalization* (Henderi, et al., 2021).

$$x'_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma} \quad (8)$$

Di mana:

x'_i adalah nilai hasil normalisasi

x_i adalah nilai *rating* yang lama

μ adalah rata-rata

σ adalah nilai *standard deviation*

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 2.6 dan data yang sudah dinormalisasi dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.6 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 2.7 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

2.4.4 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, $l(R, U, V) = \|A \odot (R - UV^\top)\|_F^2$. Berikut fungsi objektif yang digunakan pada *deep collaborative filtering*:

$$\begin{aligned} & \arg_{U, V, W_1, W_2, P_1, P_2}^{\min} \mathcal{L}_U(W_1, P_1, U) + \mathcal{L}_V(W_2, P_2, V) + \\ & \alpha \|A \odot (R - UV^\top)\|_F^2 + \beta \|U\|_F^2 + \|V\|_F^2 \end{aligned} \quad (9)$$

Di mana:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_U(W_1, P_1, U) &= \propto \|P_1 U^\top - W_1 X\|_F^2, \\ \mathcal{L}_V(W_2, P_2, V) &= \propto \|P_2 V^\top - W_2 Y\|_F^2, \end{aligned}$$

A adalah matriks indikator yang menunjukkan entri yang tidak kosong di matriks *rating* dan \odot melambangkan produk *hadamard* atau *pointwise product*. $W_1 \in \mathbb{R}^{p \times p}$ dan $W_2 \in \mathbb{R}^{q \times q}$ adalah pemetaan rekonstruktif, $P_1 \in \mathbb{R}^{p \times d}$ dan $P_2 \in \mathbb{R}^{q \times d}$ adalah matriks *Projection*, α, β dan \propto adalah parameter *tradeoff*. Istilah pertama $\mathcal{L}_U(W_1, P_1, U)$ menunjukkan proses pembelajaran *marginalized denoising auto encoders*. Ini mengukur kesalahan rekonstruksi antara input fitur *user* \bar{X} dan fitur yang dipetakan dari *input* yang rusak yakni, $W_1 \bar{X}$. W_1 adalah *learned mapping* yang diharapkan untuk meminimalkan *loss data*. Istilah kedua berfungsi untuk menghubungkan *hidden layer feature* $W_1 X$ dan *latent factor* U (Li, et al., 2015).

2.4.5 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 *latent 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*.

$$W_1 = E[S_1]E[Q_1]^{-1}, \quad (10)$$

$$W_2 = E[S_2]E[Q_2]^{-1}, \quad (11)$$

$$\text{di mana } S_1 = \bar{X}\tilde{X}^\top + \lambda P_1 U^\top X^\top \text{ dan } Q_1 = \bar{X}\tilde{X}^\top + \lambda XX^\top, \\ S_2 = \bar{Y}\tilde{Y}^\top + \lambda P_2 V^\top Y^\top \text{ dan } Q_2 = \bar{Y}\tilde{Y}^\top + \lambda YY^\top.$$

Pada Q_1 dan Q_2 Misalkan $\bar{X}\tilde{X}^\top = Z$, $\bar{Y}\tilde{Y}^\top = Z$ dan $p = corrupt_ratio$, untuk mendapatkan nilai Z setiap nilai yang bukan di diagonal akan dikalikan dengan $(1 - p)^2$ dan yang berada di diagonal akan dikalikan dengan $(1 - p)$ (Chen, et al., 2012).

$$E[\mathbf{Q}]_{ij} = \begin{cases} (1 - p)^2 \mathbf{Z}_{ij} & \text{if } i \neq j, \\ (1 - p) \mathbf{Z}_{ij} & \text{if } i = j. \end{cases} \quad (12)$$

Demikian pula dengan S_1 dan S_2 , setiap elemen pada $\bar{X}\tilde{X}^\top$ akan dikalikan dengan $(1 - p)$.

$$E[\mathbf{S}]_{ij} = (1 - p) \mathbf{Z}_{ij} \quad (13)$$

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*:

$$P_1 = W_1 X U (U^\top U)^{-1} \quad (14)$$

$$P_2 = W_2 Y V (V^\top V)^{-1} \quad (15)$$

Di mana P_1 untuk matriks *projection latent factor user* dan P_2 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:

$$u_i = u_i - \eta \frac{\partial}{\partial v_i} f(U, V), \quad (16)$$

$$v_j = v_j - \eta \frac{\partial}{\partial v_j} f(U, V), \quad (17)$$

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

$$\frac{\partial f(U, V)}{\partial v_i} = \lambda \left(P_1^\top (P_1 u_i - (W_1 X)_i) \right) + \beta u_i - \alpha \sum_{(i,j) \in \mathcal{A}} (R_{i,j} - u_i v_j^\top) v_j. \quad (18)$$

$$\frac{\partial f(U,V)}{\partial v_j} = \lambda \left(P_2^\top (P_2 u_j - (W_2 Y)_j) \right) + \beta u_j - \alpha \sum_{(i,j) \in \mathcal{A}} (R_{i,j} - u_i v_j^\top) v_i. \quad (19)$$

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

Input: Matriks rating R , user feature X , item feature Y , Parameters λ, α, β .

Output : Latent factor U, V

- 1: Initialize U, V, P_1 and P_2 ;
- 2: **while** validation error decreases, **do**
- 3: Update W_1 using (10);
- 4: Update W_2 using (11);
- 5: Update P_1 using (14);
- 6: Update P_2 using (15);
- 7: **for** each observed R_{ij} , **do**
- 8: Update u_i using (16);
- 9: Update v_j using (17);
- 10: **end for**
- 11: **end while**

2. Menghasilkan rekomendasi set

Setelah *latent factor user* dan *item* ditemukan, dilakukan perkalian matriks untuk kedua *latent factor* seperti pada gambar 2.5, sehingga didapatkan *user-item* matriks rating yang baru. Matriks rating yang baru dapat dilihat pada tabel 2.8.

Latent Factor User					Matriks Rating			
0,52324	1,07423	0,05343	1,21423	0,57324	2,36704	3,55596	1,68560	2,30801
1,12232	0,85486	1,19035	0,82486	1,13231	3,61134	4,85569	3,06585	3,81974
0,42573	1,12723	1,28342	0,50623	1,02403	3,13898	3,82720	2,66200	3,31269
0,32622	1,34234	1,04234	0,14934	0,92302	2,88840	3,23815	2,30140	3,13117
\times					=			
0,72724	1,16323	0,42303	0,92423					
0,82932	0,81486	0,29435	0,92486					
0,47383	0,51767	0,56342	0,52673					
0,37622	1,14434	0,34284	0,14034					
1,07024	1,14231	1,22403	1,10312					
Latent Factor Item								

Gambar 2.5 Perkalian Matriks *Latent Factor User* dan *Item*

Tabel 2.8 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

Matriks *rating* yang didapatkan akan dilakukan normalisasi kembali menggunakan metode *min-max normalization* sehingga nilai *rating* yang didapat berada di dalam skala 1-10. Berikut rumus metode *min-max normalization* (Gajera, et al., 2016).

$$u'_i = \frac{u_i - Min_{rate}}{Max_{rate} - Min_{rate}} \times (n_max_{rate} - n_min_{rate}) + n_min_{rate} \quad (20)$$

Di mana:

u'_i adalah nilai hasil normalisasi

u_i adalah nilai *rating* yang lama

Min_{rate} adalah nilai minimal pada matriks *rating*

Max_{rate} adalah nilai maksimal pada matriks *rating*

n_min_{rate} adalah nilai minimal yang baru

n_max_{rate} adalah nilai maksimal yang baru

Normalisasi matriks *rating* menggunakan *min-max normalization* dapat dilihat pada tabel 2.9.

Tabel 2.9 Matriks Rating Prediksi Setelah Normalisasi

#	Item1	Item2	Item3	Item4
User1	2,934633	6,31002	1	2,767044
User2	6,467245	10	4,91858	7,058901
User3	5,126198	7,08008	3,772035	5,619367
User4	4,414793	5,407746	2,748278	5,104025

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

2.5 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:

2.5.1 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).

2.5.2 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 *rating* 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 *rating* yang diprediksi dan *rating* sebenarnya. Persamaan MAE yaitu sebagai berikut (Nilashi, et al., 2013):

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |pi - qi|}{N} \quad (21)$$

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.

2. *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). Berikut rumus persamaan RMSE:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^m (ft - \hat{ft})^2}{m}} \quad (22)$$

Di mana,

ft = Permintaan aktual periode t

\hat{ft} = Ramalan permintaan periode t

m = Jumlah periode peramalan

BAB III

ANALISIS DAN PERANCANGAN

3.1 Analisis

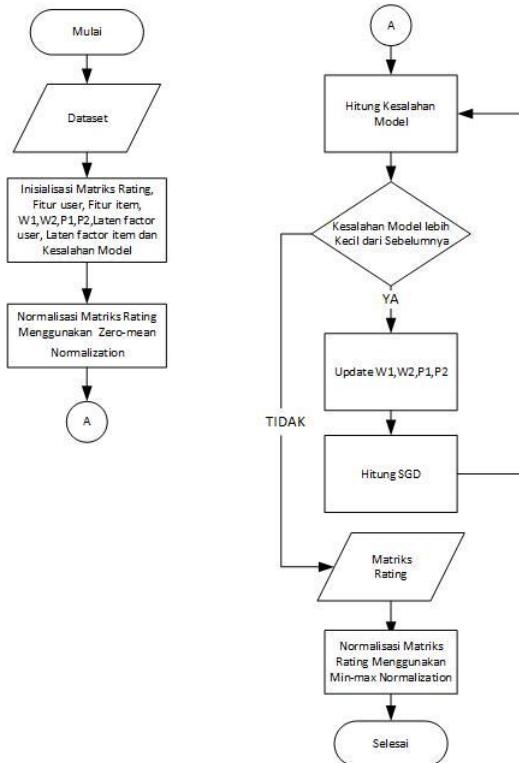
Tahapan analisis terdiri dari analisis proses dan analisis kebutuhan. Analisis proses menjelaskan cara kerja *deep collaborative filtering* dan alur sistem rekomendasi. Analisis kebutuhan terdiri dari analisis kebutuhan fungsional dan *non-fungsional*.

3.1.1 Analisis Proses

Analisis proses digunakan untuk menjelaskan proses kerja pada perangkat lunak untuk menyelesaikan permasalahan yang ada, yaitu rekomendasi *item* dengan *deep collaborative filtering*. Proses ini dimulai dari membaca *dataset* dari *database* kemudian proses rekomendasi *item* digital dengan *deep collaborative filtering*.

3.1.1.1 Deep Collaborative Filtering

Analisis proses cara kerja *deep collaborative filtering* dalam fitur rekomendasi *item* digital untuk memberikan rekomendasi *item* digital yang sesuai berdasarkan *rating* yang sudah diberikan oleh *user* dan juga berdasarkan profil *user* dan *item*. Penjelasan lebih lanjut mengenai alur proses dalam aplikasi sistem rekomendasi ini dijelaskan dengan *flowchart* berikut:



Gambar 3.1 *Flowchart* dari *Deep Collaborative Filtering*

Tahapan pertama yang dilakukan adalah inisialisasi matriks $rating R \in \mathbb{R}^{5 \times 5}$, fitur $user X \in \mathbb{R}^{5 \times 5}$, fitur $item Y \in \mathbb{R}^{5 \times 5}$, $W_1 \in \mathbb{R}^{5 \times 5}$, $W_2 \in \mathbb{R}^{5 \times 5}$, $P_1 \in \mathbb{R}^{5 \times 5}$, $P_2 \in \mathbb{R}^{5 \times 5}$, $latent factor user U \in \mathbb{R}^{5 \times 5}$ dan $item V \in \mathbb{R}^{5 \times 5}$, $A \in \mathbb{R}^{5 \times 5}$, parameter $\lambda=0,02$, $\alpha= 0,02$, $\beta= 0,02$, $d=5$, $corrupt_ratio=0,004$, $learning_rate=0,002$. Kesalahan model = 9223372036854775807.

Berikut inisialisasi matriks $rating$, fitur $user$, fitur $item$, $latent factor user$, $latent factor item$,

Tabel 3.1 Contoh Inisialisasi Matriks Rating (R)

#	item1	item2	item3	item4	item5
user1	2,0	4,0	1,0	0,0	0
user2	0,0	0	0,0	1,0	2,0
user3	5,0	1,0	1,0	0,0	0
user4	0	0,0	3,0	7,0	0,0
user5	0,0	0	0,0	4,0	0,0

Tabel 3.2 Contoh Inisialisasi Fitur User (X)

#	user1	user2	user3	user4	user5
indonesia	1	0	0	0	1
usa	0	1	1	0	0
russia	0	0	0	1	0
age5-50	0	1	1	0	1
age51-100	1	0	0	1	0

Tabel 3.3 Contoh Inisialisasi Fitur Item (Y)

#	item1	item2	item3	item4	item5
fiction	1	0	0	0	0
humor	0	0	1	0	0
biography	0	1	0	0	0
fantasy	0	0	0	0	1
science	0	0	0	1	0

Untuk $mapping function user (W1)$, $mapping function item (W2)$, matriks $projection (P1)$, matriks $projection item (P2)$, $latent factor user (U)$, $latent factor item (V)$ diinisialisasi dengan nilai *random*.

Tabel 3.4 Contoh Inisialisasi Mapping Funtion User (W1)

0,54340	0,27837	0,42452	0,84478	0,00472
0,12157	0,67075	0,82585	0,13671	0,57509
0,89132	0,20920	0,18533	0,10838	0,21970
0,97862	0,81168	0,17194	0,81622	0,27407
0,43170	0,94003	0,81765	0,33611	0,17541

Tabel 3.5 Contoh Inisialisasi *Mapping Funtion Item* (W2)

0,97501	0,88485	0,35951	0,59886	0,35480
0,34019	0,17808	0,23769	0,04486	0,50543
0,37625	0,59281	0,62994	0,14260	0,93384
0,94638	0,60230	0,38777	0,36319	0,20435
0,27677	0,24654	0,17361	0,96661	0,95701

Tabel 3.6 Contoh Inisialisasi Matriks *Projection User* (P1)

0,37283	0,00569	0,25243	0,79566	0,01525
0,59884	0,60380	0,10515	0,38194	0,03648
0,89041	0,98092	0,05994	0,89055	0,57690
0,74248	0,63018	0,58184	0,02044	0,21003
0,54468	0,76912	0,25070	0,28590	0,85240

Tabel 3.7 Contoh Inisialisasi Matriks *Projection Item* (P2)

0,59797	0,73130	0,34039	0,09206	0,46350
0,50870	0,08846	0,52804	0,99216	0,39504
0,33560	0,80545	0,75435	0,31307	0,63404
0,54040	0,29679	0,11079	0,31264	0,45698
0,65894	0,25426	0,64110	0,20012	0,65762

Tabel 3.8 Latent Factor User (U)

0,30863	0,30719	-0,70064	0,40472	0,34830
0,19151	0,04869	0,01265	-0,25886	-0,53641
-0,76292	0,16510	0,83923	-0,16856	0,81927
0,00135	-0,03400	0,00177	-0,08274	-1,11229
-0,76234	-0,50815	-1,32971	0,01490	-0,11131

Tabel 3.9 Latent Factor Item (V)

-0,20133	0,05922	0,00993	0,14193	-0,33649
-0,57976	0,04255	-0,18949	-0,53039	-0,16344
-0,56842	0,70936	0,31009	-0,87568	-0,06028
-0,68898	0,91532	-0,62476	-0,49067	-0,10676
-0,63910	0,42441	-0,00867	0,40008	0,33975

Inisialisasi matriks *rating non-empty entries* didapat berdasarkan matriks *rating*. Jika *rating* nol maka pada matriks *rating non-empty entries* nilainya adalah 0 dan jika tidak nol maka nilainya adalah 1.

Tabel 3.10 Contoh Inisialisasi Matriks *Rating Non-empty Entries* (A)

1	1	1	0	0
0	0	0	1	1
1	1	1	0	0
0	0	0	1	1
0	0	0	1	0

Tahapan selanjutnya menghitung nilai normalisasi matriks *rating* menggunakan metode *zero-mean normalization* terlihat pada tabel 3.11.

Tabel 3.11 Matriks *Rating* Setelah Normalisasi

0,40380	1,46643	-0,12752	-0,65883	-0,65883
-0,65883	-0,65883	-0,65883	-0,12752	0,40380
1,99774	-0,12752	-0,12752	-0,65883	-0,65883
-0,65883	-0,65883	0,93511	3,06037	-0,65883
-0,65883	-0,65883	-0,65883	1,46643	-0,65883

Tahapan selanjutnya dilakukan perulangan. Di setiap perulangan dilakukan perhitungan untuk kesalahan model, melakukan *update* terhadap W_1 , W_2 , P_1 , P_2 , U , V dan dilakukan perhitungan *Stochastic Gradient Descent* (SGD) untuk mendapat *latent factor user* dan *item* yang baru. Perulangan akan berhenti apabila kesalahan model yang didapat lebih besar dari pada sebelumnya.

1. Perulangan 1

a. Menghitung kesalahan model

Untuk menghitung kesalahan model terdapat 4 bagian perhitungan yaitu :

- i. $\mathcal{L}_U(W_1, P_1, U)$
- ii. $\mathcal{L}_V(W_2, P_2, V)$
- iii. $\alpha \|A \odot (R - UV^\top)\|_F^2$
- iv. $\beta \|U\|_F^2 + \|V\|_F^2$

Pertama dilakukan perhitungan $\mathcal{L}_U(W_1, P_1, U) = \lambda \|P_1 U^\top - W_1 X\|_F^2$. Dilakukan perkalian matriks P_1 dan U^\top

Tabel 3.12 Hasil Perkalian Matriks P_1 dan U^\top

0,26729	-0,13928	-0,19328	-0,08205	-0,61261
0,46392	0,02698	-0,30344	-0,09171	-0,90153
1,09549	-0,32094	-0,14454	-0,74741	-1,30790
0,09650	0,06228	0,19451	-0,25469	-1,68301
0,64132	-0,38631	0,57196	-0,99673	-1,23003

Setelah itu, dilakukan perkalian matriks W_1 dengan matriks X

Tabel 3.13 Hasil Perkalian Matriks W_1 dan X

0,54812	1,12315	1,12315	0,42924	1,38818
0,69666	0,80746	0,80746	1,40095	0,25828
1,11102	0,31758	0,31758	0,40503	0,99970
1,25270	1,62791	1,62791	0,44601	1,79485
0,60711	1,27614	1,27614	0,99306	0,76782

Setelah itu, dilakukan pengurangan $P_1 U^\top$ dengan $W_1 X$

Tabel 3.14 Hasil Pengurangan $P_1 U^\top$ dan $W_1 X$

-0,28084	-1,26242	-1,31642	-0,51128	-2,00079
-0,23275	-0,78048	-1,11090	-1,49265	-1,15981
-0,01553	-0,63852	-0,46212	-1,15243	-2,30760
-1,15620	-1,56562	-1,43340	-0,70071	-3,47785
0,03420	-1,66245	-0,70418	-1,98979	-1,99785

Untuk mendapatkan *frobenius norm* dari $P_1 U^\top - W_1 X$, dilakukan pengkuadratan setiap elemen matriks lalu dihitung jumlah dari semua elemennya. Berikut hasil pengkuadratan matriks $P_1 U^\top - W_1 X$.

Tabel 3.15 Hasil Pengkuadratan Matriks $P_1 U^\top - W_1 X$.

0,07887	1,59371	1,73297	0,26141	4,00317
0,05417	0,60914	1,23409	2,22802	1,34516
0,00024	0,40771	0,21355	1,32810	5,32503
1,33680	2,45118	2,05464	0,49099	12,09547
0,00117	2,76374	0,49587	3,95928	3,99140

Semua elemen hasil pengkuadratan matriks $P_1 U^\top - W_1 X$ dijumlahkan sehingga didapatkan *frobenius norm* dari $P_1 U^\top - W_1 X$.

$$\|P_1 U^\top - W_1 X\|_F^2 = 50,0558780$$

$$\times \|P_1 U^\top - W_1 X\|_F^2 = 0,02 * 50,0558780 = 1,00111756$$

$$\mathcal{L}_U(W_1, P_1, U) = 1,00111756$$

Kedua, dilakukan perhitungan $\mathcal{L}_V(W_2, P_2, V) = \times \|P_2 V^\top - W_2 Y\|_F^2$. Dilakukan perkalian matriks P_2 dan V^\top

Tabel 3.16 Hasil Perkalian Matriks P_2 dan V^\top

-0,21659	-0,50465	0,17585	-0,04993	0,11955
-0,08404	-0,98201	-0,95529	-1,12840	0,23900
-0,18128	-0,57291	0,30214	-0,18656	0,46148
-0,19951	-0,56218	-0,36361	-0,37207	0,05997
-0,30411	-0,70632	-0,21028	-0,79021	-0,01529

Setelah itu, perkalian matriks W_2 dengan matriks Y

Tabel 3.17 Hasil Perkalian Matriks W_2 dan Y

0,97501	0,35951	0,88485	0,35480	0,59886
0,34019	0,23769	0,17808	0,50543	0,04486
0,37625	0,62994	0,59281	0,93384	0,14260
0,94638	0,38777	0,60230	0,20435	0,36319
0,27677	0,17361	0,24654	0,95701	0,96661

Dilakukan pengurangan $P_2 V^\top$ dan $W_2 Y$

Tabel 3.18 Hasil Pengurangan $P_2 V^\top$ dan $W_2 Y$

-1,19160	-0,86416	-0,70900	-0,40473	-0,47931
-0,42423	-1,21971	-1,13337	-1,63384	0,19414
-0,55753	-1,20285	-0,29066	-1,12040	0,31888
-1,14589	-0,94995	-0,96591	-0,57642	-0,30322
-0,58088	-0,87993	-0,45682	-1,74722	-0,98190

Untuk mendapatkan *frobenius norm* dari $P_2 V^\top - W_2 Y$, dilakukan pengkuadratan setiap elemen matriks lalu dihitung jumlah dari semua elemennya. Berikut hasil pengkuadratan matriks $P_2 V^\top - W_2 Y$.

Tabel 3.19 Hasil Pengkuadratan Matriks $P_2 V^\top - W_2 Y$.

1,41991	0,74676	0,50268	0,16380	0,22973
0,17997	1,48769	1,28453	2,66942	0,03769
0,31084	1,44686	0,08448	1,25530	0,10168
1,31307	0,90240	0,93298	0,33226	0,09194
0,33742	0,77427	0,20868	3,05277	0,96413

Semua elemen hasil pengkuadratan matriks $P_2V - W_2Y$ dijumlahkan sehingga didapatkan *frobenius norm* dari $P_2V^\top - W_2Y$.

$$\|P_2V^\top - W_2Y\|_F^2 = 20,8312940$$

$$\times \|P_2V^\top - W_2Y\|_F^2 = 0,02 * 20,8312940 = 0,41662588.$$

$$\mathcal{L}_V(W_2, P_2, V) = 0,41662588.$$

Ketiga, dilakukan perhitungan $\alpha \|A \odot (R - UV^\top)\|_F^2$. Dilakukan perkalian matriks U dan V^\top .

Tabel 3.20 Hasil Perkalian Matriks U dan V^\top

-0,11066	-0,30468	-0,55019	0,27050	0,21946
0,10821	0,11361	0,18862	0,08899	-0,38765
-0,12789	0,24581	0,90922	0,14769	0,76128
0,36026	0,22311	0,11517	0,12619	-0,42630
0,14974	0,68262	-0,34580	0,89544	0,25123

Lalu dilakukan pengurangan matriks *rating* R dengan UV^\top .

Tabel 3.21 Hasil Pengurangan Matriks *rating* R dengan UV^\top .

0,51446	1,77111	0,42268	-0,92933	-0,87828
-0,76704	-0,77244	-0,84745	-0,21651	0,79145
2,12563	-0,37333	-1,03674	-0,80652	-1,42011
-1,01909	-0,88194	0,81994	2,93418	-0,23253
-0,80857	-1,34144	-0,31303	0,57099	-0,91006

Setelah itu dilakukan perhitungan $A \odot (R - UV^\top)$

Tabel 3.22 Hasil Perhitungan $A \odot (R - UV^\top)$

0,514459111	1,77110702	0,422676857	0	0
0	0	0	-0,2165096	0,791445207
2,125628124	-0,3733293	-1,036739326	0	0
0	0	0,819939172	2,93418189	0
0	0	0	0,5709885	0

$$\|A \odot (R - UV^\top)\|_F^2 = 19,5936555$$

$$\alpha \|A \odot (R - UV^\top)\|_F^2 = 0,02 * 19,5936555 = 0,39187311$$

Keempat, dilakukan perhitungan $\beta\|U\|_F^2 + \|V\|_F^2$.

$$\|U\|_F^2 = 7,2381135$$

$$\|V\|_F^2 = 5,3713859$$

$$\beta\|U\|_F^2 + \|V\|_F^2 = 0,02 * (7,2381135 + 5,3713859) = 0,25218999$$

Untuk mendapatkan kesalahan model, dilakukan penjumlahan untuk keempat nilai, sehingga nilai *loss* menjadi :

$$Loss = 1,00111756 + 0,41662588 + 0,39187311 + 0,25218999$$

$$Loss = 2,061807$$

b. Update W1

Untuk melakukan update W1 dilakukan perhitungan untuk mencari $E[S_1]$ dan $E[Q_1]^{-1}$. Pertama lakukan perhitungan untuk $S_1 = \bar{X}\tilde{X}^\top + P_1 U^\top X^\top$. Untuk mendapatkan nilai $\bar{X}\tilde{X}^\top$, semua nilai hasil perkalian matriks X dengan X^\top dikalikan dengan $(1 - corrupt_ratio)$. Berikut hasil perkalian matriks $\bar{X}\tilde{X}^\top$.

Tabel 3.23 Hasil Perkalian Matriks $\bar{X}X^\top$

1,992	0	0	0,996	0,996
0	1,992	0	1,992	0
0	0	0,996	0	0,996
0,996	1,992	0	2,988	0
0,996	0	0,996	0	1,992

Selanjutnya dilakukan perhitungan $\times P_1 U^\top X^\top$.

Tabel 3.24 Hasil Perhitungan $\times P_1 U^\top X^\top$

-0,00691	-0,00665	-0,00164	-0,01890	0,00370
-0,00875	-0,00553	-0,00183	-0,02356	0,00744
-0,00425	-0,00931	-0,01495	-0,03547	0,00696
-0,03173	0,00514	-0,00509	-0,02852	-0,00316
-0,01177	0,00371	-0,01993	-0,02089	-0,00711

Sehingga didapatkan nilai S_1 sebagai berikut:

Tabel 3.25 Nilai S_1 Hasil Penjumlahan $\bar{X} X^T$ dan $\times P_1 U^T X^T$

1,98509	-0,00665	-0,00164	0,97710	0,99970
-0,00875	1,98647	-0,00183	1,96844	0,00744
-0,00425	-0,00931	0,98105	-0,03547	1,00296
0,96427	1,99714	-0,00509	2,95948	-0,00316
0,98423	0,00371	0,97607	-0,02089	1,98489

Setelah itu lakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai $Q_1 = \bar{X} \tilde{X}^T + \times XX^T$. Untuk mendapatkan nilai $\bar{X} \tilde{X}^T$, nilai hasil perkalian matriks X dengan X^T untuk setiap nilai yang bukan di diagonal akan dikalikan dengan $(1 - corrupt_ratio)^2$ dan untuk semua nilai di diagonal, dikalikan dengan $(1 - corrupt_ratio)$.

Tabel 3.26 Hasil Perkalian Matriks $\bar{X} X^T$

1,992	0	0	0,992016	0,992016
0	1,992	0	1,984032	0
0	0	0,996	0	0,992016
0,992016	1,984032	0	2,988	0
0,992016	0	0,992016	0	1,992

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk $\times XX^T$

Tabel 3.27 Hasil Perhitungan $\times XX^T$

0,04	0	0	0,02	0,02
0	0,04	0	0,04	0
0	0	0,02	0	0,02
0,02	0,04	0	0,06	0
0,02	0	0,02	0	0,04

Sehingga didapatkan nilai Q_1 sebagai berikut:

Tabel 3.28 Nilai Q_1 Hasil Penjumlahan $\bar{X} X^T$ dan $\times XX^T$

2,032	0	0	1,012016	1,012016
0	2,032	0	2,024032	0
0	0	1,016	0	1,012016
1,012016	2,024032	0	3,048	0
1,012016	0	1,012016	0	2,032

Juga, didapatkan hasil *update* W1 sebagai berikut:

Tabel 3.29 Hasil *Update* W1 Perulangan 1

0,78087	-0,19002	-0,20695	0,18748	0,20615
-0,20044	0,79167	-0,20816	0,18666	0,20716
-0,10224	-0,07917	0,83989	0,07489	0,12620
0,27781	0,31774	0,26663	0,66772	-0,27271
0,19070	0,21185	0,16334	-0,21085	0,80049

c. *Update* W2

Untuk melakukan update W2 dilakukan perhitungan untuk mencari $E[S_2]$ dan $E[Q_2]^{-1}$. Pertama lakukan perhitungan untuk $S_2 = \bar{Y}\bar{Y}^\top + \lambda P_2 V^\top Y^\top$. Untuk mendapatkan nilai $\bar{Y}\bar{Y}^\top$ semua nilai hasil perkalian matriks Y dengan Y^\top dikalikan dengan $(1 - corrupt_ratio)$.

Tabel 3.30 Hasil Perkalian Matriks $\bar{Y}\bar{Y}^\top$

0,996	0	0	0	0
0	0,996	0	0	0
0	0	0,996	0	0
0	0	0	0,996	0
0	0	0	0	0,996

Selanjutnya dilakukan perhitungan $\lambda P_2 V^\top Y^\top$.

Tabel 3.31 Hasil Perhitungan $\lambda P_2 V^\top Y^\top$

-0,00433	0,00352	-0,01009	0,00239	-0,00100
-0,00168	-0,01911	-0,01964	0,00478	-0,02257
-0,00363	0,00604	-0,01146	0,00923	-0,00373
-0,00399	-0,00727	-0,01124	0,00120	-0,00744
-0,00608	-0,00421	-0,01413	-0,00031	-0,01580

Setelah itu lakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai $Q_2 = \bar{Y}\bar{Y}^\top + \lambda YY^\top$. Untuk mendapatkan nilai $\bar{Y}\bar{Y}^\top$, nilai hasil perkalian matriks Y dengan Y^\top untuk setiap nilai yang bukan di diagonal akan dikalikan dengan $(1 - corrupt_ratio)^2$ dan untuk semua nilai yang di diagonal dikalikan dengan $(1 - corrupt_ratio)$.

Tabel 3.32 Hasil Perkalian Matriks $\bar{Y} Y^T$

0,996	0	0	0	0
0	0,996	0	0	0
0	0	0,996	0	0
0	0	0	0,996	0
0	0	0	0	0,996

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk $\times YY$

Tabel 3.33 Hasil Perhitungan $\times YY^T$

0,02	0	0	0	0
0	0,02	0	0	0
0	0	0,02	0	0
0	0	0	0,02	0
0	0	0	0	0,02

Sehingga didapatkan nilai Q_2 sebagai berikut:

Tabel 3.34 Nilai Q_2 Hasil Penjumlahan $\bar{Y} Y^T$ dan $\times YY^T$

1,016	0	0	0	0
0	1,016	0	0	0
0	0	1,016	0	0
0	0	0	1,016	0
0	0	0	0	1,016

Juga, didapatkan hasil *update* W1 sebagai berikut:

Tabel 3.35 Hasil *Update* W2 Perulangan 1

2,00767	0,00352	-0,01009	0,00239	-0,00100
-0,00168	1,99289	-0,01964	0,00478	-0,02257
-0,00363	0,00604	2,00054	0,00923	-0,00373
-0,00399	-0,00727	-0,01124	2,01320	-0,00744
-0,00608	-0,00421	-0,01413	-0,00031	1,99620

d. *Update* P1

Untuk melakukan update P1 dilakukan dengan rumus $W_1 X U (U^\top U)^{-1}$.

Tabel 3.36 Hasil Perhitungan $W_1 X U$

-1,53030	-0,31151	-1,27237	-0,27305	-0,12335
-0,44138	0,20775	-0,14121	-0,17523	-1,11596
-0,60014	-0,11259	-1,83648	0,29529	-0,08498
-1,91127	-0,19439	-1,87675	-0,19897	0,20090
-1,12583	0,03539	-0,35747	-0,37046	-0,61761

Tabel 3.37 Hasil Perhitungan $(U^\top U)^{-1}$

2,18065	-2,00783	-0,28821	-2,40774	1,08209
-2,00783	10,70983	-2,86138	-6,05008	-0,57163
-0,28821	-2,86138	1,70846	4,41605	-0,55234
-2,40774	-6,05008	4,41605	16,94219	-2,54094
1,08209	-0,57163	-0,55234	-2,54094	1,14606

Sehingga didapatkan hasil *update* P1 hasil perkalian $W_1 X U$ dan $(U^\top U)^{-1}$ sebagai berikut:

Tabel 3.38 Hasil *Update* P1 Perulangan 1

-1,82094	5,09954	-1,97905	-4,36218	-0,22264
-2,12459	5,21338	-0,86596	-0,95105	-1,35208
-1,35631	3,51612	-1,29147	-0,76501	-0,41841
-2,54019	8,21469	-3,08890	-6,39130	-0,18464
-2,19941	6,25666	-1,68234	-3,78906	-0,80754

e. *Update* P2

Untuk melakukan update P1 dilakukan dengan rumus $W_2 Y V (V^\top V)^{-1}$.

Tabel 3.39 Hasil Perhitungan $W_2 Y V$

-1,53487	1,27963	-0,01091	-0,76164	-0,27460
-0,68443	0,63825	-0,30260	-0,46378	-0,20277
-1,51247	1,38488	-0,51647	-1,20098	-0,31654
-1,13060	0,84097	-0,00812	-0,55373	-0,31656
-1,57363	1,48487	-0,55998	-0,35154	0,08987

Tabel 3.40 Hasil Perhitungan $(V^T V)^{-1}$

2,54155	2,06762	-0,30031	-0,15632	-0,08017
2,06762	3,20656	0,70932	0,97734	-1,33476
-0,30031	0,70932	2,63140	0,61073	-1,21994
-0,15632	0,97734	0,61073	1,66282	-1,77169
-0,08017	-1,33476	-1,21994	-1,77169	5,76238

Sehingga didapatkan hasil *update* P2 hasil perkalian $W_2 YV$ dan $(V^T V)^{-1}$ sebagai berikut:

Tabel 3.41 Hasil *Update* P2 Perulangan 1

-1,11081	0,54408	1,20973	0,70393	-1,80458
-0,24021	0,23420	-0,17388	0,13404	-0,77465
-0,61239	0,19590	-0,26981	-0,16168	-0,79345
-1,02030	0,23454	0,96267	0,63378	-1,86502
-0,71340	0,64690	-0,27206	0,61143	-0,03194

f. Menghitung *Stochastic Gradient Descent* (SGD)

Menghitung SGD untuk mendapatkan *latent factor user* dan *item* yang baru.

Tabel 3.42 Latent Factor User Perulangan 1

0,30866	0,30722	-0,70055	0,40468	0,34828
0,19182	0,04890	0,01283	-0,25861	-0,53618
-0,76252	0,16520	0,83926	-0,16820	0,81928
0,00152	-0,03351	0,00177	-0,08262	-1,11201
-0,76160	-0,50772	-1,32924	0,01535	-0,11097

Tabel 3.43 Latent Factor Item Perulangan 1

-0,20123	0,05938	0,01016	0,14199	-0,33622
-0,57942	0,04273	-0,18940	-0,53013	-0,16325
-0,56812	0,70937	0,31009	-0,87546	-0,06027
-0,68859	0,91547	-0,62426	-0,49043	-0,10665
-0,63897	0,42441	-0,00864	0,40004	0,33977

Perhitungan untuk perulangan 2 dan seterusnya sama seperti perulangan 1.

2. Perulangan 2

a. Menghitung kesalahan model

Nilai kesalahan model yang didapat setelah dilakukan perhitungan adalah:

$$\mathcal{L}_U(W_1, P_1, U) = 0,314579721$$

$$\mathcal{L}_V(W_2, P_2, V) = 0,31752178$$

$$\alpha \|A \odot (R - UV^\top)\|_F^2 = 0,391803354$$

$$\beta \|U\|_F^2 + \|V\|_F^2 = 0,25204013$$

$$Loss = 0,314579721 + 0,31752178 + 0,391803354 + 0,25204013$$

$$Loss = 1,275945$$

b. *Update W1*

Tabel 3.44 Hasil *Update W1* Perulangan 2

0,79610	-0,18857	-0,18737	0,21148	0,19662
-0,19434	0,79372	-0,17737	0,20328	0,20579
-0,08393	-0,09509	0,88024	0,10173	0,10850
0,31153	0,31285	0,29112	0,70223	-0,28340
0,20153	0,20698	0,21372	-0,18260	0,78927

c. *Update W2*

Tabel 3.45 Hasil *Update W2* Perulangan 2

2,03150	0,01769	0,00718	0,01197	0,00710
0,00680	2,01556	0,00475	0,00090	0,01010
0,00752	0,01185	2,02459	0,00285	0,01867
0,01892	0,01204	0,00775	2,01926	0,00409
0,00554	0,00493	0,00347	0,01933	2,03114

d. *Update P1*

Tabel 3.46 Hasil *Update P1* Perulangan 2

-0,73439	1,86256	-1,01668	-0,13345	-0,04811
-0,56901	3,36587	-1,01212	-4,02562	0,19618
-0,89584	0,77543	0,34090	1,61566	-1,01288
-0,96689	3,25655	-1,47261	-4,47471	0,23614
-1,22700	2,75044	-0,22001	1,85382	-1,08939

e. *Update P2*

Tabel 3.47 Hasil *Update P1* Perulangan 2

-0,76868	0,75546	1,26657	1,86883	-4,55035
0,15241	1,09551	2,08092	-0,74074	-0,14268
-2,47503	-2,99588	-0,82873	-1,15286	0,45107
-1,66703	-0,05272	0,60594	1,15821	1,50773
0,84731	1,47509	-1,91363	-0,00768	-0,28957

f. Menghitung *Stochastic Gradient Descent* (SGD)

Menghitung SGD untuk mendapatkan *latent factor user* dan *item* yang baru.

Tabel 3.48 Latent Factor User Perulangan 2

0,30859	0,30719	-0,70051	0,40461	0,34824
0,19185	0,04884	0,01287	-0,25855	-0,53613
-0,76236	0,16509	0,83916	-0,16801	0,81920
0,00140	-0,03334	0,00166	-0,08271	-1,11194
-0,76143	-0,50782	-1,32904	0,01543	-0,11095

Tabel 3.49 Latent Factor Item Perulangan 2

-0,20130	0,05939	0,01026	0,14196	-0,33610
-0,57929	0,04274	-0,18951	-0,53004	-0,16327
-0,56798	0,70929	0,30996	-0,87538	-0,06039
-0,68843	0,91547	-0,62400	-0,49039	-0,10678
-0,63892	0,42437	-0,00863	0,40001	0,33974

3. Perulangan 3

a. Menghitung kesalahan model

Nilai kesalahan model yang didapat setelah dilakukan perhitungan adalah:

$$\mathcal{L}_U(W_1, P_1, U) = 0,000389419$$

$$\mathcal{L}_V(W_2, P_2, V) = 0,00016785$$

$$\alpha \|A \odot (R - UV^\top)\|_F^2 = 0,079340855$$

$$\beta \|U\|_F^2 + \|V\|_F^2 = 0,25197603$$

$$Loss = 0,000389419 + 0,00016785 + 0,079340855 + 0,25197603$$

$$Loss = 0,331874$$

b. *Update W1*

Tabel 3.50 Hasil Update W1 Perulangan 3

0,79986	-0,19879	-0,20066	0,19952	0,20145
-0,19901	0,79775	-0,19605	0,20260	0,19682
-0,10031	-0,09754	0,89624	0,09785	0,10350
0,29921	0,30465	0,29437	0,69778	-0,29562
0,20114	0,19690	0,20527	-0,19766	0,79716

c. *Update W2*

Tabel 3.51 Hasil *Update W2* Perulangan 3

2,05215	0,00008	-0,00020	0,00005	0,00000
-0,00003	2,05185	-0,00040	0,00010	-0,00044
-0,00007	0,00012	2,05200	0,00018	-0,00009
-0,00007	-0,00015	-0,00023	2,05226	-0,00015
-0,00013	-0,00008	-0,00028	-0,00001	2,05192

d. *Update P1*

Tabel 3.52 Hasil *Update P1* Perulangan 3

-0,77685	1,96416	-1,06199	-0,23910	-0,05199
-0,61864	3,46021	-1,03592	-4,06754	0,17093
-0,94227	0,82534	0,31576	1,58837	-1,03281
-1,03351	3,40758	-1,54528	-4,60229	0,22961
-1,29319	2,85473	-0,24938	1,80313	-1,12374

e. *Update P2*

Tabel 3.53 Hasil *Update P1* Perulangan 3

-0,80335	0,75106	1,28465	1,88159	-4,59649
0,13698	1,09775	2,06753	-0,75840	-0,16549
-2,49412	-3,00810	-0,85001	-1,16277	0,42282
-1,69842	-0,05402	0,62289	1,16416	1,46210
0,82030	1,48366	-1,93218	0,00111	-0,30411

f. Menghitung *Stochastic Gradient Descent* (SGD)

Menghitung SGD untuk mendapatkan *latent factor user* dan *item* yang baru.

Tabel 3.54 Latent Factor User Perulangan 3

0,30973	0,26338	-0,67591	0,52806	0,32958
0,18227	0,39896	-0,18358	-1,24640	-0,38709
-0,76340	0,20876	0,81451	-0,29130	0,83774
0,00277	-0,08789	0,03226	0,07156	-1,13515
-0,76397	-0,40943	-1,38410	-0,26235	-0,06902

Tabel 3.55 Latent Factor Item Perulangan 3

-0,20137	0,05940	0,01036	0,14192	-0,33599
-0,57915	0,04275	-0,18963	-0,52995	-0,16330
-0,56784	0,70921	0,30984	-0,87529	-0,06052
-0,68827	0,91547	-0,62374	-0,49035	-0,10691
-0,63887	0,42434	-0,00863	0,39998	0,33970

4. Perulangan 4

a. Menghitung kesalahan model

Nilai kesalahan model yang didapat setelah dilakukan perhitungan adalah:

$$\mathcal{L}_U(W_1, P_1, U) = 1,616704161$$

$$\mathcal{L}_V(W_2, P_2, V) = 0,00012902$$

$$\alpha \|A \odot (R - UV^\top)\|_F^2 = 0,08526366$$

$$\beta \|U\|_F^2 + \|V\|_F^2 = 0,28848225$$

$$Loss = 1,616704161 + 0,00012902 + 0,08526366 + 0,28848225$$

$$Loss = 1,990579$$

Karena nilai kesalahan model yang didapat meningkat atau lebih tinggi dari sebelumnya maka perulangan berhenti dan *latent factor user* dan *item* diambil dari perulangan sebelumnya. Lalu dilakukan perkalian *latent factor user* dengan *latent factor item* untuk mendapatkan matriks *rating*. Matriks *rating* dapat dilihat pada tabel 3.56.

Tabel 3.56 Matriks Rating Hasil Perkalian Latent Factor User dan Item

-0,0895	-0,3736	-0,6806637	0,15536192	0,242889
-0,0617	0,67004	1,23695782	1,00685072	-0,575585
-0,1482	0,31417	1,03818364	0,26176598	0,737335
0,38611	0,13596	-0,0478527	-0,01622271	-0,396337
0,10114	0,83771	-0,0515934	1,15033684	0,197905

Matriks *rating* yang didapatkan akan dilakukan normalisasi kembali menggunakan metode *min-max normalization* sehingga nilai *rating* yang didapatkan berada di dalam skala 1-10. Hasil normalisasi matriks dapat dilihat pada tabel 3.57.

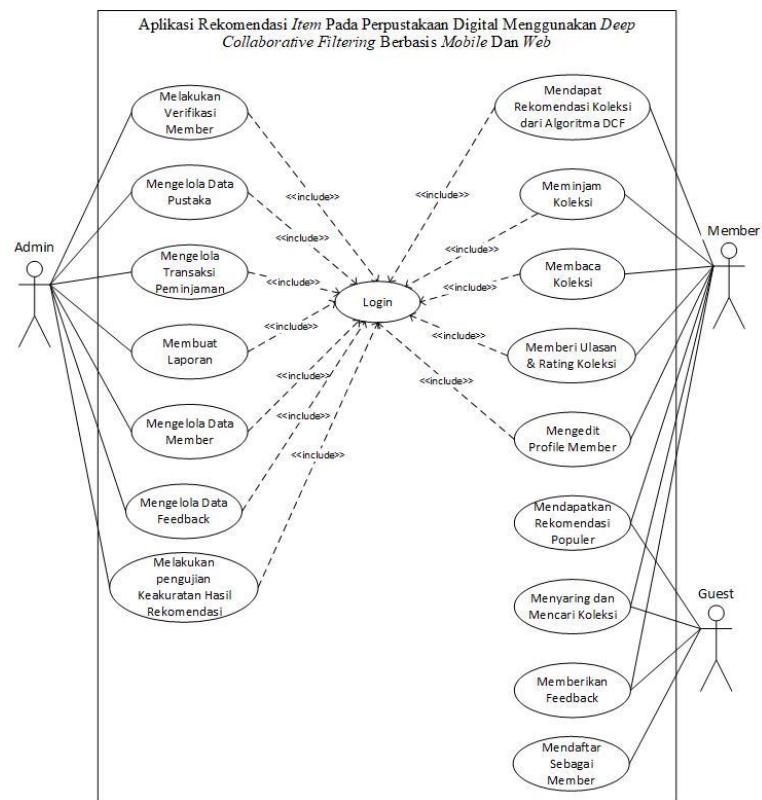
Tabel 3.57 Hasil Normalisasi Matriks Rating Menggunakan Min-max Normalization

3,774517	2,441146	1	4,923731	5,334523
3,904991	7,339277	10	8,920035	1,493167
3,499019	5,669067	9,06709	5,423118	7,655113
6,006704	4,832671	3,969981	4,11843	2,334434
4,66925	8,126205	3,952424	9,593461	5,123399

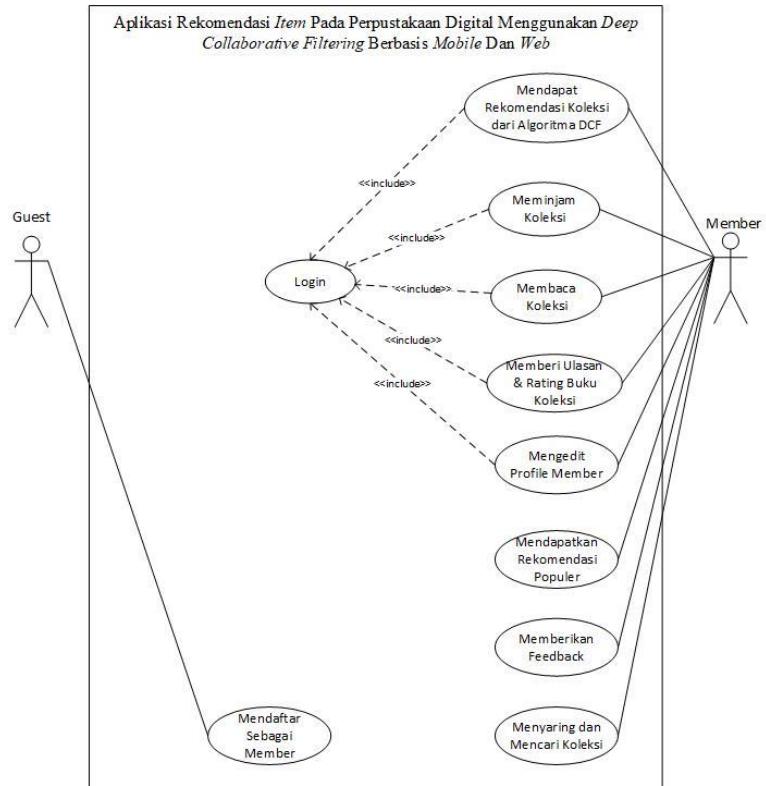
3.1.2 Analisis Kebutuhan

3.1.2.1 Analisis Kebutuhan Fungsional

Analisis kebutuhan fungsional dilakukan dengan menggunakan *use case diagram* untuk memperlihatkan interaksi antar *user* dan sistem. Berikut *use case diagram web* dan *mobile* pada aplikasi perpustakaan digital menggunakan *deep collaborative filtering*.



Gambar 3.2 Use case Diagram Web



Gambar 3.3 Use case Diagram Mobile

1. Aktor pada *Use Case Diagram* web dan *mobile*.

Tabel 3.58 Aktor Pada *Use Case Diagram Web* dan *Mobile*

No.	Aktor	Deskripsi
1	<i>Admin</i>	<i>User</i> sistem yang bertugas dan memiliki hak akses untuk melakukan operasi pengelolaan data pustaka, <i>Member</i> , dan proses peminjaman pustaka pada sistem.
2	<i>Member</i>	<i>User</i> sistem yang telah mendaftar pada sistem dan telah melengkapi identitas diri dan terverifikasi serta memiliki hak meminjam dan membaca <i>item</i> digital sesuai hak aksesnya.
3	<i>Guest</i>	<i>User</i> sistem yang tidak terdaftar pada sistem dan memiliki akses untuk melihat daftar koleksi, mencari koleksi tanpa memiliki hak meminjam koleksi.

2. *Use Case* pada *Web* dan *Mobile*

Tabel 3.59 *Use Case* pada *Web* dan *Mobile*

No.	<i>Use Case</i>	Deskripsi
1	<i>Login</i>	Proses untuk masuk pada sistem sesuai hak akses yang dimiliki <i>member</i> sistem.
2	Mengelola Data <i>Member</i>	Proses yang dilakukan <i>admin</i> untuk melakukan verifikasi penanda identitas <i>member</i> .
3	Melakukan verifikasi <i>Member</i>	Proses yang dapat dilakukan oleh <i>admin</i> untuk kontrol <i>Member</i> yang telah mendaftar ke sistem meliputi melihat data <i>member</i> , dan menghapus <i>member</i> .
4	Mengelola Data Pustaka	Proses yang dapat dilakukan oleh <i>admin</i> untuk mengelola data Pustaka meliputi menambah koleksi digital, mengubah informasi koleksi digital, hingga menghapus data pustaka.
5	Mengelola Transaksi Peminjaman	Proses yang dapat dilakukan oleh <i>admin</i> untuk memantau data peminjaman meliputi mencari peminjaman dan menghapus data peminjaman.
6	Membuat Laporan	Proses yang dapat dilakukan oleh <i>admin</i> untuk mengetahui laporan transaksi peminjaman, dan <i>member</i> .

7	Mendapat Rekomendasi Koleksi dari Algoritma DCF	Proses untuk mendapatkan rekomendasi berdasarkan algoritma deep collaborative filtering.
8	Mendapatkan Rekomendasi Populer	Proses yang dapat dilakukan oleh <i>guest</i> pada website dan <i>member</i> untuk mendapatkan rekomendasi berdasarkan <i>item</i> populer.
9	Meminjam Koleksi	Proses yang dapat dilakukan oleh <i>member</i> untuk meminjam koleksi digital yang kemudian masuk pada daftar bacaan <i>member</i> .
10	Membaca Koleksi	Proses yang dapat dilakukan oleh <i>member</i> untuk membaca koleksi digital secara langsung pada sistem.
11	Memberi Ulasan & Rating Koleksi	Proses yang dapat dilakukan oleh <i>member</i> untuk memberikan <i>rating</i> dan ulasan tentang koleksi yang telah dipinjam.
12	Mendaftar Sebagai Member	Proses yang dapat dilakukan oleh <i>guest</i> untuk mendaftar menjadi <i>member</i> dengan mengisi informasi yang telah disediakan oleh sistem.
13	Menyaring dan Mencari Koleksi Digital	Proses yang dapat dilakukan oleh <i>guest</i> pada website dan <i>member</i> untuk menyaring koleksi berdasarkan kategori koleksi, tahun terbit, penulis, dan penerbit.
14	Mengedit Profil Member	Proses yang dapat dilakukan oleh <i>member</i> untuk mengedit profil.
15	Pengujian Keakuratan Hasil Rekomendasi	Proses yang dapat dilakukan oleh <i>admin</i> untuk melakukan pengujian rekomendasi <i>item</i> digital dengan menggunakan <i>Mean Absolute Error</i> (MAE) dan <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).
16	Memberikan feedback	Proses yang dapat dilakukan oleh <i>guest</i> pada website dan <i>member</i> untuk memberikan saran dan masukan dalam meningkatkan sistem.

3. Use Case Skenario Pada Use Case Web Dan Mobile

Untuk menjelaskan setiap *use case* yang terdapat pada *use case diagram*, maka digunakan narasi pada *use case* Aplikasi Rekomendasi E-book Pada Perpustakaan Digital Menggunakan *Deep Collaborative Filtering* Berbasis *Mobile* dan *Web*.

Tabel 3.60 Narasi Use Case Login

Nama <i>use case</i>	Login	
Aktor	Member dan Admin	
Deskripsi	<i>Use case</i> ini menjelaskan proses untuk masuk pada sistem sesuai hak akses yang dimiliki <i>user</i> sistem.	
	Aksi Aktor	Respon Sistem
Normal Flow	Masuk ke halaman <i>login</i> .	
		Menampilkan halaman <i>login</i> .
	Mengisi data pada <i>form login</i> . mengetuk tombol “ <i>login</i> ”.	
		Melakukan pengecekan berdasarkan <i>username</i> dan <i>password</i> .
		Jika <i>login</i> sebagai <i>member</i> akan masuk ke halaman beranda <i>member</i> ; Jika <i>login</i> sebagai <i>admin</i> akan masuk ke halaman <i>dashboard admin</i> .
Alternative Flow Event		Menampilkan <i>form login</i> dengan pesan kesalahan.

Tabel 3.61 Narasi Use Case Mengelola Data Member

Nama <i>use case</i>	Mengelola Data Member
Aktor	Admin
Deskripsi	<i>Use case</i> ini menjelaskan proses yang dapat dilakukan oleh <i>admin</i> untuk kontrol pada setiap <i>member</i> yang telah mendaftar ke sistem meliputi melihat data <i>member</i> , mengubah data <i>member</i> , hingga menghapus <i>member</i> .

	Aksi Aktor	Respon Sistem
Normal Flow	Masuk ke halaman <i>login</i> .	
	Masuk ke halaman kelola <i>member</i> .	
		Menampilkan halaman kelola <i>member</i> .
	Melakukan kontrol seperti melihat data <i>member</i> , mengubah data <i>member</i> , atau menghapus <i>member</i> .	
		Menyimpan perubahan.

Tabel 3.62 Narasi Use Case Melakukan Verifikasi Member

Nama use case	Melakukan Verifikasi Member	
Aktor	Admin	
Deskripsi	<i>Use case</i> ini menjelaskan proses yang dilakukan <i>admin</i> untuk melakukan verifikasi pada identitas <i>member</i> yang baru mendaftar.	
Normal Flow	Aksi Aktor	Respon Sistem
	Masuk ke halaman kelola <i>member</i> .	
		Menampilkan halaman kelola <i>member</i> .
	Mengetuk tombol “verifikasi <i>member</i> baru”.	
		Menampilkan halaman verifikasi <i>member</i> baru.
	Mengecek identitas <i>member</i> yang baru mendaftar.	
	Mengetuk tombol verifikasi.	
		Menampilkan pesan verifikasi <i>member</i> berhasil.

Tabel 3.63 Narasi Use Case Mengelola Data Pustaka

Nama use case	Mengelola Data Pustaka	
Aktor	Admin	

Deskripsi	<i>Use case</i> ini menjelaskan proses yang dapat dilakukan oleh <i>admin</i> untuk mengelola koleksi digital meliputi penambahan koleksi digital, mengubah informasi koleksi digital, hingga menghapus koleksi digital.	
	Aksi Aktor	Respon Sistem
<i>Normal Flow</i>	Masuk ke halaman koleksi digital.	
		Menampilkan halaman koleksi digital.
	Melakukan kontrol meliputi penambahan koleksi digital, mengubah informasi koleksi digital, hingga menghapus koleksi digital.	
		Menyimpan perubahan.

Tabel 3.64 Narasi *Use Case* Mengelola Transaksi Peminjaman

Nama <i>use case</i>	Mengelola Transaksi Peminjaman	
Aktor	Admin	
Deskripsi	<i>Use case</i> ini menjelaskan proses yang dapat dilakukan oleh <i>admin</i> untuk melihat data peminjaman dan mencari data peminjaman.	
	Aksi Aktor	Respon Sistem
<i>Normal Flow</i>	Masuk ke halaman kelola peminjaman.	
		Menampilkan halaman kelola peminjaman.
	Melakukan kontrol.	

Tabel 3.65 Narasi *Use Case* Membuat Laporan

Nama <i>use case</i>	Membuat Laporan	
Aktor	Admin	
Deskripsi	<i>Use case</i> ini menjelaskan proses yang dapat dilakukan oleh <i>admin</i> untuk mengetahui laporan transaksi peminjaman, dan <i>member</i> .	
	Aksi Aktor	Respon Sistem

<i>Normal Flow</i>	Masuk ke halaman kelola laporan.	
		Menampilkan ke halaman kelola laporan.
	Melihat dan mencetak laporan yang akan dibuat.	
		Mendapatkan laporan peminjaman dalam bentuk <i>file pdf</i> .

Tabel 3.66 Narasi Use Case Mendapat Rekomendasi Koleksi dari Algoritma DCF

Nama use case	Mendapat Rekomendasi Koleksi dari Algoritma DCF	
Aktor	Member	
Deskripsi	Use case ini menjelaskan proses untuk mendapatkan rekomendasi berdasarkan algoritma DCF.	
	Aksi Aktor	Respon Sistem
<i>Normal Flow</i>	Melakukan login sistem sebagai <i>member</i> .	
		Menampilkan halaman daftar koleksi dari hasil rekomendasi koleksi berdasarkan algoritma DCF.
	<i>Member</i> meminjam koleksi dan memberi <i>rating</i> atau ulasan.	
		Menampilkan halaman daftar koleksi dari hasil rekomendasi berdasarkan algoritma DCF.

Tabel 3.67 Narasi Use Case Meminjam Koleksi

Nama use case	Meminjam Koleksi	
Aktor	Member	
Deskripsi	Use case ini menjelaskan proses yang dapat dilakukan oleh <i>member</i> untuk meminjam koleksi digital dan masuk pada daftar baca <i>member</i>	
	Aksi Aktor	Respon Sistem

<i>Normal Flow</i>	Masuk ke halaman rincian koleksi.	
		Menampilkan informasi koleksi yang dipilih.
	Mengetuk tombol pinjam koleksi.	
		Kembali ke halaman rincian koleksi dan menampilkan pesan bahwa peminjaman berhasil.

Tabel 3.68 Narasi Use Case Membaca Koleksi

<i>Nama use case</i>	Membaca Koleksi	
<i>Aktor</i>	Member	
<i>Deskripsi</i>	<i>Use case</i> ini menjelaskan proses yang dapat dilakukan oleh <i>member</i> untuk membaca koleksi digital secara langsung pada sistem.	
	<i>Aksi Aktor</i>	<i>Respon Sistem</i>
<i>Normal Flow</i> <i>Event</i>	Masuk ke halaman daftar koleksi bacaan (terpinjam) atau halaman rincian koleksi.	
		Menampilkan daftar koleksi bacaan yang telah dipinjam.
	Mengetuk Tombol baca.	
		Menampilkan koleksi digital dalam book reader.

Tabel 3.69 Narasi Use Case Memberi Ulasan & Rating Koleksi

<i>Nama use case</i>	Memberi Ulasan & Rating Koleksi	
<i>Aktor</i>	Admin	
<i>Deskripsi</i>	<i>Use case</i> ini menjelaskan proses yang dapat dilakukan oleh <i>member</i> untuk memberikan ulasan dan <i>rating</i> tentang koleksi yang telah dipinjam.	
	<i>Aksi Aktor</i>	<i>Respon Sistem</i>
<i>Normal Flow</i>	Masuk ke halaman rincian koleksi yang telah dipinjam.	

		Menampilkan rincian koleksi bacaan yang telah dipinjam.
	Memasukkan <i>rating</i> & ulasan terhadap koleksi yang telah dipinjam.	
	Mengetuk tombol post ulasan.	
		Menampilkan kembali laman rincian koleksi dengan pesan ulasan berhasil di tambah.

Tabel 3.70 Narasi Use Case Mendaftar Sebagai Member

Nama use case	Mendaftar Sebagai Member	
Aktor	Guest	
Deskripsi	<i>Use case</i> ini menjelaskan proses yang dapat dilakukan oleh <i>user</i> untuk mendaftar menjadi <i>member</i> dengan mengisi informasi yang telah disediakan oleh sistem.	
	Aksi Aktor	Respon Sistem
Normal Flow	Masuk ke halaman pendaftaran <i>member</i> baru.	
		Menampilkan halaman pendaftaran <i>member</i> baru.
	Mengisi data pada <i>form</i> pendaftaran.	
	Mengetuk tombol daftar.	
		Sistem menyimpan data.
	Melakukan verifikasi pendaftaran melalui <i>email</i> .	
Alternative Flow Event		Menampilkan pesan konfirmasi <i>email</i> berhasil.
		Menampilkan <i>form</i> pendaftaran dengan pesan kesalahan.

Tabel 3.71 Narasi Use Case Mendaftar Sebagai Member

Nama use case	Mendapatkan Rekomendasi Populer	
Aktor	Member dan Guest	
Deskripsi	<i>Use case ini menjelaskan proses menampilkan / melihat rekomendasi koleksi dari hasil rating koleksi yang telah ada untuk ditampilkan kepada member dan guest.</i>	
	Aksi Aktor	Respon Sistem
<i>Normal Flow</i>	Masuk ke halaman koleksi populer.	
		Menampilkan rekomendasi koleksi dengan DCF.

Tabel 3.72 Narasi Use Case Melihat Detail Koleksi

Nama use case	Melihat Detail Koleksi	
Aktor	Member dan Guest	
Deskripsi	<i>Use case ini menjelaskan proses menampilkan / melihat rincian informasi koleksi untuk ditampilkan kepada member dan user.</i>	
	Aksi Aktor	Respon Sistem
<i>Normal Flow</i>	Masuk ke halaman <i>homepage</i> .	
		Melihat daftar koleksi.
	Mengetuk koleksi.	
		Menampilkan rincian informasi koleksi.

Tabel 3.73 Narasi Use Case Menyaring dan Mencari Koleksi

Nama use case	Menyaring dan Mencari Koleksi	
Aktor	Member dan Guest	
Deskripsi	<i>Use case ini menjelaskan proses yang dapat dilakukan oleh member dan guest untuk menyaring dan mencari koleksi berdasarkan kategori koleksi, tahun terbit, penulis, dan penerbit yang akan ditampilkan pada hasil pencarian koleksi.</i>	
	Aksi Aktor	Respon Sistem

<i>Normal Flow</i>	Masuk ke halaman homepage.	
		Melihat daftar koleksi.
	Mengisi informasi penyaringan pada jendela filtering.	
		Menampilkan hasil penyaringan atau pencarian koleksi.

Tabel 3.74 Narasi Use Case Mengedit Profil Member

Nama use case	Mengedit Profil Member	
Aktor	Member	
Deskripsi	<i>Use case</i> ini menjelaskan proses yang dapat dilakukan oleh <i>member</i> untuk mengedit profil	
	Aksi Aktor	Respon Sistem
<i>Normal Flow</i>	Melakukan login sistem sebagai <i>member</i> .	
		Menampilkan halaman beranda <i>member</i> .
	Masuk ke halaman edit profil.	
		Menampilkan halaman edit profil.
	Melakukan pengeditan informasi profil.	
	Mengetuk tombol save.	
		Menyimpan hasil pengeditan profil.

Tabel 3.75 Narasi Use Case Melakukan Pengujian Rekomendasi

Nama use case	Melakukan Pengujian Rekomendasi	
Aktor	Admin	
Deskripsi	<i>Use case</i> ini menjelaskan proses yang dapat dilakukan oleh <i>admin</i> untuk melakukan pengujian menggunakan <i>Mean Absolute Error</i> (MAE) dan <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).	
	Aksi Aktor	Respon Sistem

<i>Normal Flow</i>	Masuk ke halaman Pengujian Rekomendasi.	
		Menampilkan halaman pengujian.
	Mengetuk combo box “MAE”.	
		Menampilkan halaman “MAE”.
	Mengetuk tombol “Hitung”.	
		Menampilkan Pengujian “MAE”.
	Mengetuk combo box “RMSE”.	
		Menampilkan halaman “RMSE”.
	Mengetuk tombol “Hitung”.	
		Menampilkan Pengujian “MAE”.

Tabel 3.76 Narasi Use Case Memberikan *feedback*

<i>Nama use case</i>	Memberikan <i>feedback</i>	
<i>Aktor</i>	Member dan Guest	
<i>Deskripsi</i>	<i>Use case</i> ini menjelaskan proses untuk <i>member</i> dan <i>guest</i> dalam memberikan saran dan masukan untuk mengembangkan sistem.	
	<i>Aksi Aktor</i>	<i>Respon Sistem</i>
<i>Normal Flow</i>	Masuk ke halaman Beranda.	
	mengetuk tombol “kontak”.	Menampilkan halaman kontak.
	Mengisi data pada <i>form</i> Kontak. mengetuk tombol “Kirim Pesan”	
		Data yang di input akan masuk kedalam <i>database</i> .

Tabel 3.76 Narasi Use Case Mengelola *feedback*

<i>Nama use case</i>	Mengelola <i>feedback</i>	
<i>Aktor</i>	Admin	
<i>Deskripsi</i>	<i>Use case</i> ini menjelaskan proses untuk <i>admin</i> dalam mengelola saran dan masukan yang diberikan oleh <i>member</i> dan <i>guest</i> .	
	<i>Aksi Aktor</i>	<i>Respon Sistem</i>

<i>Normal Flow</i>	Masuk ke halaman <i>Dashboard admin.</i>	
	mengetuk tombol “feedback”.	Menampilkan halaman <i>feedback</i> .
	mengetuk tombol “Export pdf”.	Data feedback yang tersimpan akan di cetak dan dapat diunduh.

3.1.2.2 Analisis Kebutuhan *Non-Fungsional*

Analisis kebutuhan *non-fungsional* dilakukan menggunakan metode analisis PIECES (*Performance, Information, Economy, Control, Efficiency, Services*). PIECES digunakan untuk menganalisa aplikasi yang akan dibangun agar dapat diketahui permasalahannya dengan spesifik dan lebih jelas. Hasil analisanya adalah sebagai berikut:

Tabel 3.76 Analisis Kebutuhan Non-Fungsionalitas dengan Kerangka PIECES

Parameter	Penjelasan
<i>Performance</i>	Dengan adanya sistem rekomendasi ini, akan membantu <i>user</i> di dalam menemukan <i>item</i> digital dengan tidak memakan waktu yang lama. Algoritma <i>Deep Collaborative Filtering</i> yang diterapkan dalam aplikasi dapat memberikan rekomendasi andal.
<i>Information</i>	Memberikan informasi berupa rekomendasi <i>item</i> , informasi <i>item</i> , <i>list item</i> yang dipinjam, daftar peminjaman, serta layanan yang disediakan oleh setiap <i>admin</i> yang terdapat di dalam sistem.
<i>Economy</i>	<i>User</i> aplikasi hanya memerlukan koneksi internet dengan akses browser untuk menggunakan aplikasi
<i>Control</i>	Adanya pemberitahuan seperti notifikasi pada aplikasi di setiap perubahan yang terjadi.

<i>Efficiency</i>	<i>User</i> aplikasi dapat mengakses informasi <i>item</i> yang akan dipinjam dan mendapatkan rekomendasi <i>item</i> berdasarkan <i>rating</i> dan <i>item</i> terkait melalui <i>website</i> maupun <i>mobile-android</i> .
<i>Services</i>	Tampilan antarmuka dibuat <i>user-friendly</i> agar <i>user</i> atau <i>admin</i> dapat dengan mudah memahami dan menggunakan aplikasi.

3.2 Perancangan

Pada tahapan perancangan pada pengembangan aplikasi terbagi menjadi dua bagian yaitu sebagai berikut.

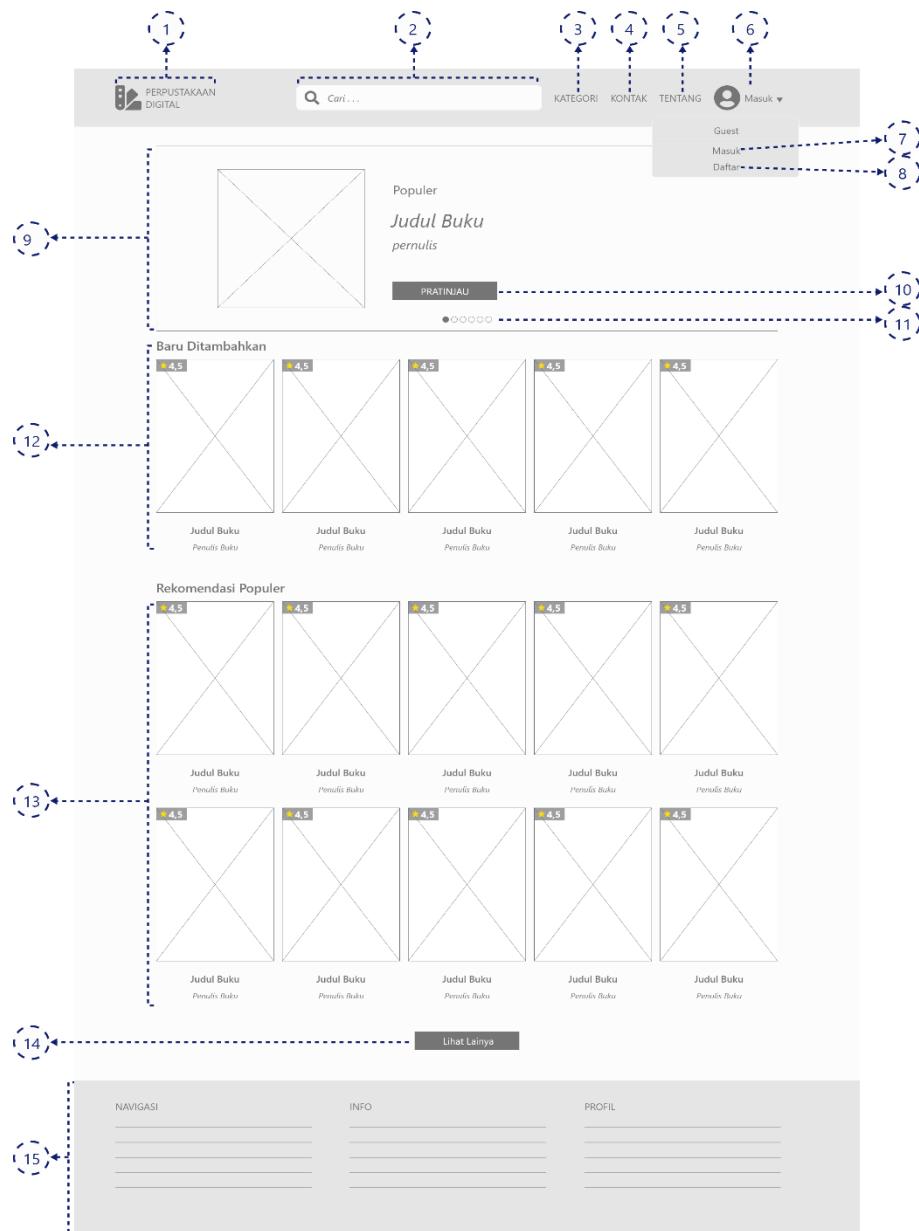
3.2.1 Perancangan Tampilan

Perancangan tampilan berperan menampilkan *mockup* tampilan dalam program yang akan dirancang. Tampilan dirancang dengan jelas agar dapat memudahkan *user* dalam mengakses-nya. Perancangan tampilan terbagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu sebagai berikut.

3.2.1.1 Tampilan Website

1. Halaman Utama *Web*

Halaman utama *web* merupakan halaman yang pertama kali dilihat oleh *user* ketika mengakses *web*.



Gambar 3.4 Perancangan Halaman Utama Website

Keterangan:

1. Logo *website* yang berfungsi mengarahkan *user* ke halaman utama *website*.
2. Teks *input* untuk pencarian *item* digital.
3. Teks *link* “kategori” yang berfungsi mengarahkan *user* ke halaman kategori *item* digital.
4. Teks *link* “tentang” yang berfungsi mengarahkan *user* ke halaman informasi *website*.
5. Teks *link* “kontak” yang berfungsi mengarahkan *user* ke halaman kontak *website*.
6. *Icon* “user” yang menampilkan *pop up menu* yang terdiri dari teks *link* masuk dan daftar.

7. Teks *link* “masuk” yang berfungsi mengarahkan *user* ke halaman masuk.
8. Teks *link* “daftar” yang berfungsi mengarahkan *user* ke halaman pendaftaran.
9. *Slider item* digital berdasarkan *rating* tertinggi.
10. Tombol “pratinjau” yang berfungsi mengarahkan *user* ke halaman detail *item* digital.
11. *Pagination bullet* sebagai petunjuk *item* yang sedang tampil pada *slider*.
12. *Item* digital yang baru ditambahkan, yang terdiri daftar *item* digital dan informasi ringkas dari *item* digital terbaru.
13. Rekomendasi Populer *item* digital berdasarkan *rating* tertinggi, yang terdiri dari daftar *item* digital dan informasi ringkas dari *item* digital.
14. Tombol “lihat selengkapnya” untuk melihat rekomendasi populer lebih banyak.
15. *Footer* yang terdiri dari info, profil dan navigasi *website*.

2. Halaman Pendaftaran

Halaman pendaftaran merupakan halaman yang muncul saat *user* mengklik teks *link* daftar pada tampilan utama *web*. Pada halaman ini *user* dapat mendaftar sebagai *member* dengan mengisi *form* pendaftaran dan menekan tombol daftar.

Diagram yang menunjukkan perancangan halaman pendaftaran. Di bagian atas, terdapat header dengan logo PERPUSTAKAAN DIGITAL, bar pencarian "Cari...", dan menu KATEGORI, KONTAK, TENTANG. Terdapat juga tombol "Masuk" dan "Masuk ▾".

Bagian utama adalah form pendaftaran dengan judul "REGISTER". Form ini meminta informasi berikut:

- Nama Depan
- Username
- Jenis Kelamin
- Tempat Lahir (ditunjukkan dengan tombol "Pilih")
- Tanggal Lahir (ditunjukkan dengan tanggal 01 Januari 2000)
- Negara (ditunjukkan dengan tombol "Provinsi")
- Kota (ditunjukkan dengan tombol "Alamat")
- Email
- Password
- Konfirmasi Password

Di bawah form, terdapat tombol "DAFTAR".

Dibawah form, terdapat tiga bagian horizontal: NAVIGASI, INFO, dan PROFIL.

Di bagian bawah halaman, terdapat footer yang kosong.

Di bagian atas form, terdapat tanda pengacauan berupa lingkaran dengan angka 1, 2, 3, 4, dan 5 yang menunjukkan posisi berbagai elemen.

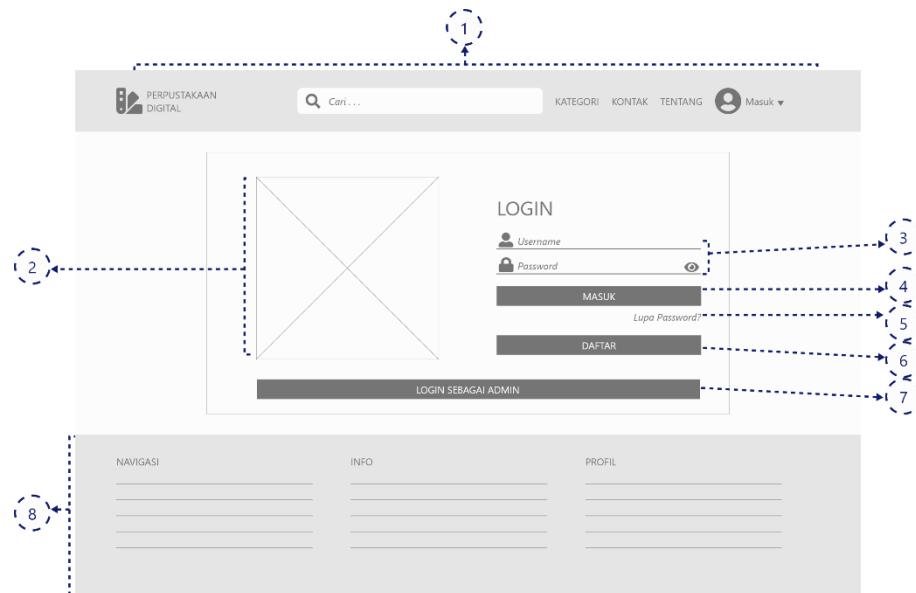
Gambar 3.5 Perancangan Halaman Pendaftaran

Keterangan

1. Header yang berisi logo, pencarian, dan navigasi dari *website*.

2. Teks *input* yang terdiri dari nama depan, nama belakang, *username*, jenis kelamin, tempat lahir, tanggal lahir, negara, provinsi, kota, alamat, *email*, nomor telepon, *password*, dan konfirmasi *password*.
 3. Tombol “daftar” yang berfungsi untuk mengirim data diri yang telah di isi oleh *user*.
 4. Teks *link* yang berfungsi mengarahkan *user* ke halaman masuk.
 5. *Footer* yang terdiri dari info, profil dan navigasi *website*.
3. Halaman Login

Tampilan login merupakan tampilan yang muncul saat *user* mengklik teks *link* masuk pada tampilan utama *web*. Pada halaman ini *user* dapat masuk ke dalam sistem dengan mengisi *username* dan *password* yang telah terdaftar.



Gambar 3.6 Perancangan Halaman Masuk

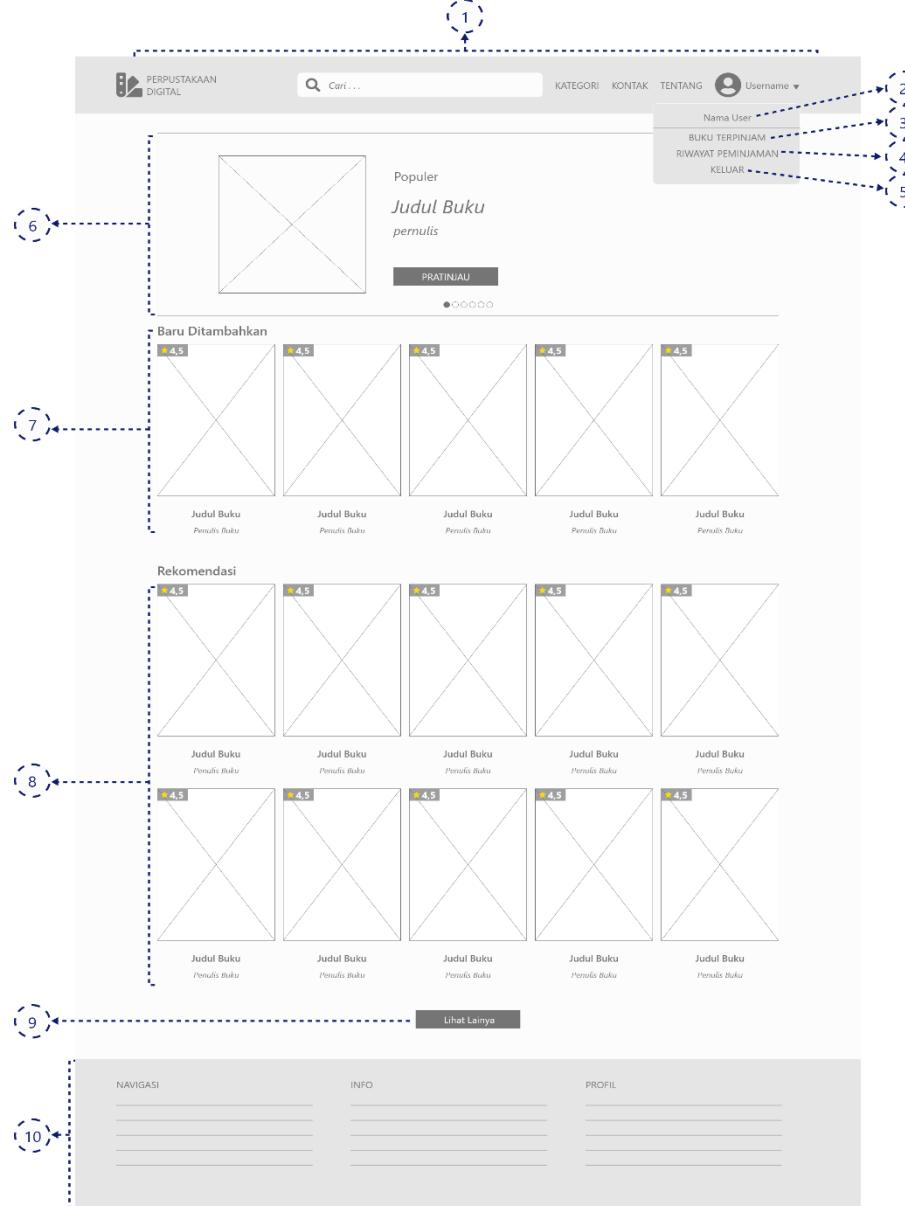
Keterangan:

1. Header yang berisi logo, pencarian, dan navigasi dari *website*.
2. Tampilan ilustrasi *login*.
3. Teks *input* yang terdiri dari *username* dan *password*.
4. Tombol “masuk” yang berfungsi untuk mengirim data yang telah di isi oleh *user* dan mengarahkan *user* ke halaman beranda *member*.
5. Teks *link* yang berfungsi mengarahkan *user* ke halaman lupa kata sandi.
6. Tombol “daftar” yang berfungsi mengarahkan *user* ke halaman pendaftaran.

7. Tombol “*login sebagai admin*” yang berfungsi mengarahkan *user* ke halaman login admin
8. *Footer* yang terdiri dari info, profil dan navigasi *website*.

4. Halaman Beranda *Member*

Halaman beranda *member* merupakan halaman yang muncul sesudah *member* telah masuk ke dalam sistem. Pada halaman ini *member* akan mendapatkan rekomendasi *item* digital.



Gambar 3.7 Perancangan Halaman Beranda *Member*

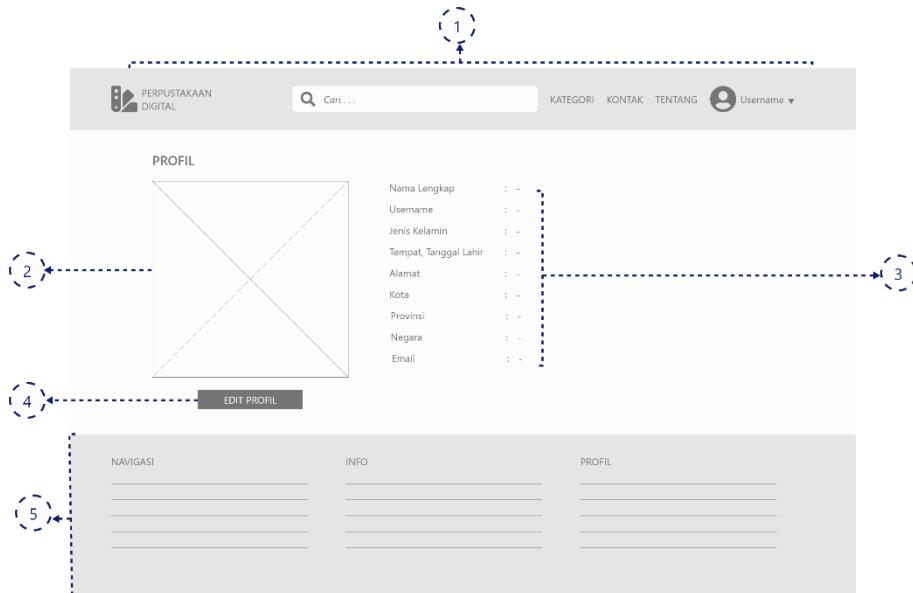
Keterangan:

1. Header yang berisi logo, pencarian, dan navigasi dari *website*.
2. Nama *member* yang sedang login, berfungsi mengarahkan *member* ke halaman profil *member*.

3. Teks *link* “buku terpinjam” yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman *item* digital terpinjam.
4. Teks *link* “riwayat peminjaman” yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman riwayat peminjaman
5. Teks *link* “keluar” yang berfungsi mengarahkan *member* keluar dari *website*.
6. *Slider item* digital berdasarkan *rating* tertinggi.
7. *Item* digital yang baru ditambahkan, yang terdiri daftar *item* digital dan informasi ringkas dari *item* digital terbaru.
8. Rekomendasi *item* digital, yang terdiri dari daftar *item* digital yang direkomendasikan berdasarkan prediksi rating yang dihasilkan algoritma *deep collaborative filtering*.
9. Tombol “lihat selengkapnya” untuk melihat daftar rekomendasi lebih banyak.
10. *Footer* yang terdiri dari info, profil dan navigasi *website*.

5. Halaman Profil

Halaman profil merupakan halaman yang digunakan *member* untuk melihat informasi data diri *member* di dalam *website*.



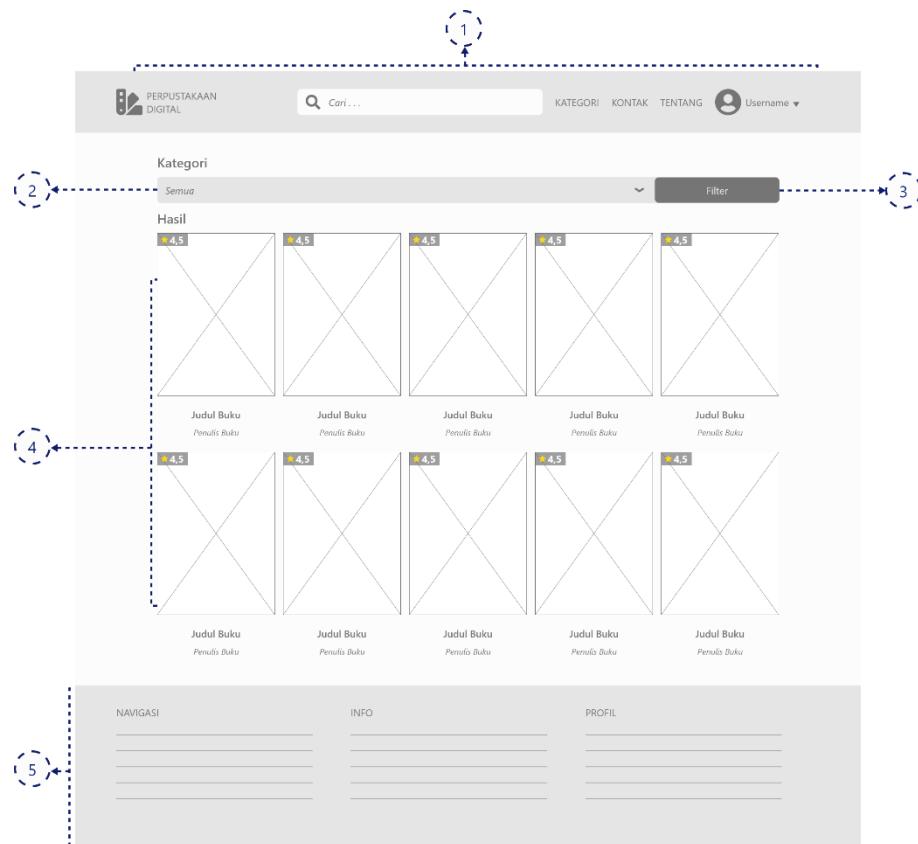
Gambar 3.8 Perancangan Halaman Profil

Keterangan:

1. Header yang berisi logo, pencarian, dan navigasi dari *website*.
2. Tampilan dari foto profil *member*.

3. Informasi data diri *member* yang terdiri dari nama lengkap, *username*, jenis kelamin, tempat lahir, tanggal lahir, alamat, kota, provinsi, negara, dan *email*.
 4. Tombol “edit profil” yang berfungsi mengarahkan *user* ke halaman *edit* profil.
 5. *Footer* yang terdiri dari info, profil dan navigasi *website*.
6. Halaman Kategori *Item* Digital

Halaman kategori *item* digital merupakan halaman yang digunakan *user* untuk melihat daftar *item* digital sesuai dengan kategori *item* digital.



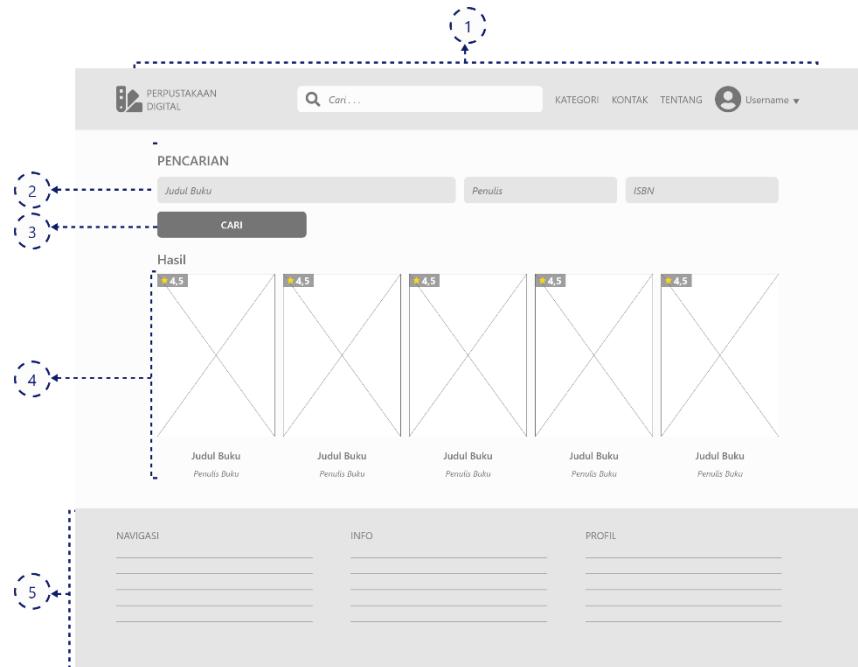
Gambar 3.9 Perancangan Halaman Kategori *Item* Digital

Keterangan:

1. Header yang berisi logo, pencarian, dan navigasi dari *website*.
2. Combo box “kategori” yang terdiri dari semua kategori *item* digital.
3. Tombol “Filter” berfungsi menampilkan daftar *item* digital sesuai kategori.
4. Daftar *item* digital yang ditampilkan sesuai dengan kategori dan pengurutan yang terpilih.
5. *Footer* yang terdiri dari info, profil dan navigasi *website*.

7. Halaman Pencarian

Halaman pencarian merupakan halaman yang digunakan *user* untuk melakukan pencarian terhadap *item* digital, berdasarkan judul *item* digital, penulis *item* digital atau nomor ISBN *item* digital.



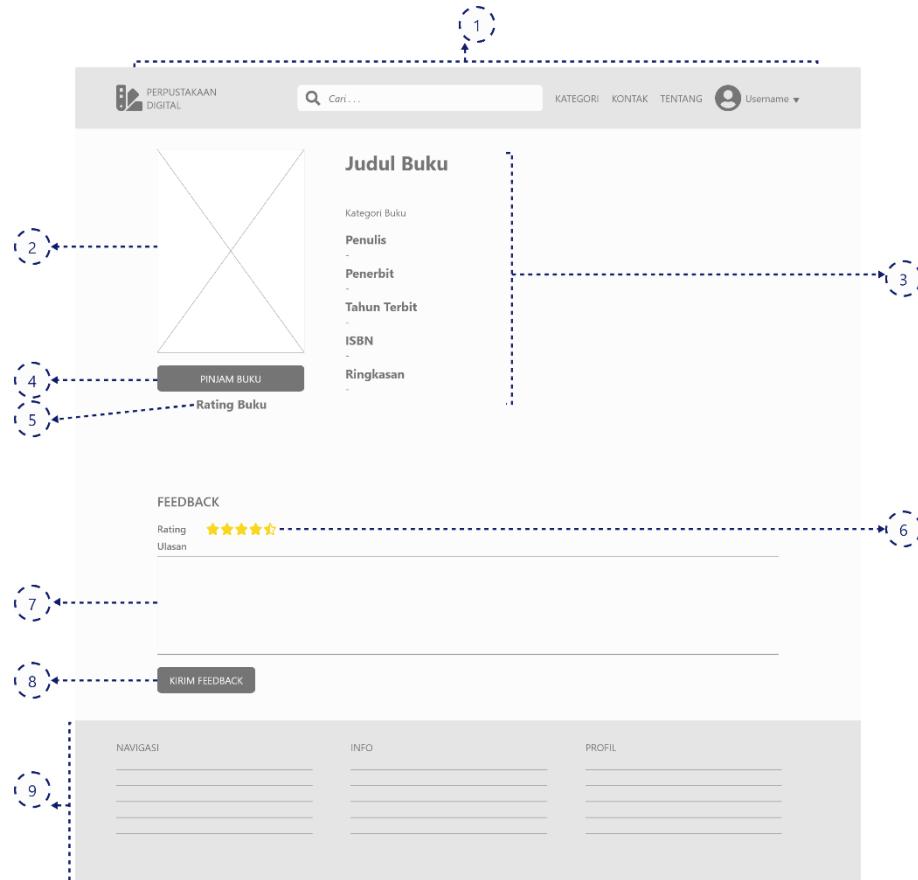
Gambar 3.10 Perancangan Halaman Pencarian

Keterangan:

1. Header yang berisi logo, pencarian, dan navigasi dari *website*.
2. Teks *input* yang terdiri dari judul *item* digital, penulis, dan ISBN *item* digital yang dicari.
3. Tombol “cari” yang berfungsi menampilkan daftar *item* digital sesuai dengan judul *item* digital, penulis, atau ISBN yang di input oleh *user*.
4. Daftar *item* digital yang ditampilkan sesuai dengan judul *item* digital, penulis, atau ISBN yang di input oleh *user*.
5. Footer yang terdiri dari info, profil dan navigasi *website*.

8. Halaman Detail *Item* Digital

Halaman detail *item* digital merupakan halaman yang digunakan *user* untuk melihat informasi detail dari suatu *item* digital. Pada halaman ini juga *member* dapat memberikan *rating* dan ulasan terhadap suatu *item* digital

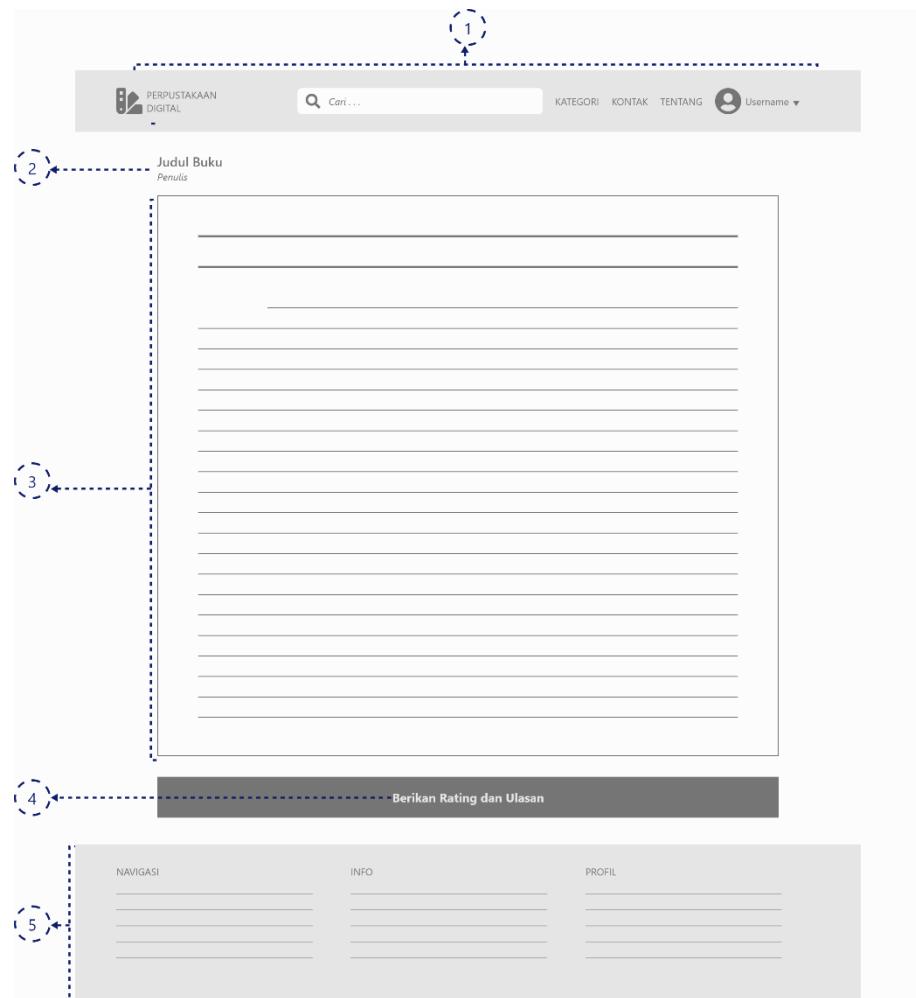


Gambar 3.11 Perancangan Halaman Detail *Item* Digital

Keterangan:

1. Header yang berisi logo, pencarian, dan navigasi dari *website*.
 2. Tampilan foto sampul dari *item* digital.
 3. Informasi detail dari *item* digital yang terdiri dari judul, kategori, penulis, penerbit, tahun terbit, ISBN, dan ringkasan.
 4. Tombol “pinjam” yang berfungsi untuk melakukan peminjaman *item* digital.
 5. Informasi dari *rating* *item* digital.
 6. Tombol “bintang” untuk memberikan *rating* terhadap *item* digital.
 7. Teks *input* “ulasan” untuk memberikan komentar terhadap *item* digital.
 8. Tombol “kirim feedback” yang berfungsi untuk mengirim *rating* dan ulasan yang diberikan oleh *member*.
 9. Footer yang terdiri dari info, profil dan navigasi *website*.
9. Halaman Baca *Item* Digital

Halaman baca *item* digital merupakan halaman yang digunakan *member* untuk membaca *item* digital yang telah di pinjam.



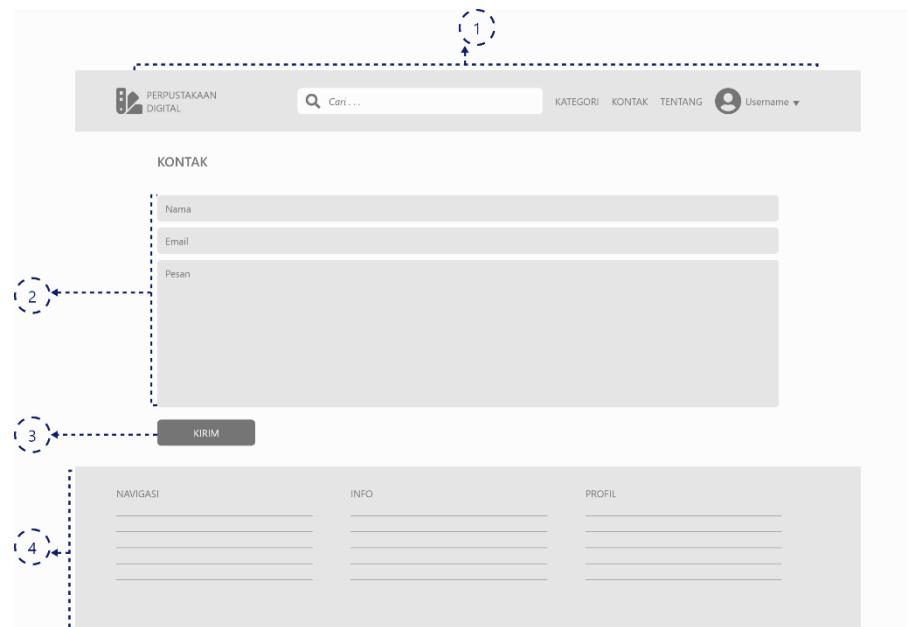
Gambar 3.12 Perancangan Halaman Baca *Item* Digital

Keterangan:

1. Header yang berisi logo, pencarian, dan navigasi dari *website*.
2. Informasi ringkas dari *item* digital yang dibaca, terdiri dari judul *item* digital, penulis dan tahun terbit.
3. *Book reader* yang berfungsi menampilkan konten dari *item* digital yang dibaca.
4. Tombol “berikan rating dan ulasan” yang berfungsi mengarahkan *user* untuk memberikan rating dan ulasan.
5. *Footer* yang terdiri dari info, profil dan navigasi *website*.

10. Halaman Kontak

Halaman kontak merupakan halaman yang digunakan *user* untuk memberikan feedback terhadap perpustakaan digital.



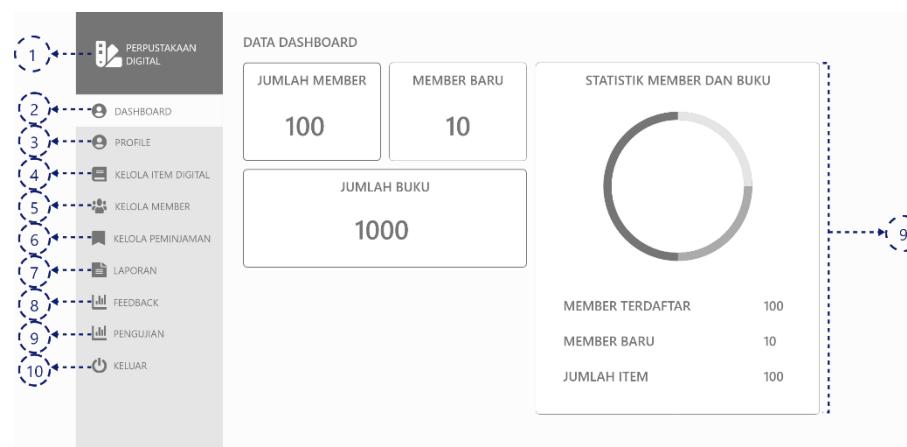
Gambar 3.13 Perancangan Halaman Tentang

Keterangan:

1. Header yang berisi logo, pencarian, dan navigasi dari *website*.
2. Teks *input* yang berisi nama, *email*, dan pesan.
3. Tombol kirim yang berfungsi mengirimkan *feedback* dari *user*.
4. Footer yang terdiri dari info, profil dan navigasi *website*.

11. Halaman *Dashboard Admin*

Halaman *dashboard admin* merupakan halaman yang muncul sesudah *admin* melakukan *login* telah masuk ke dalam sistem.



Gambar 3.14 Perancangan Halaman *Dashboard Admin*

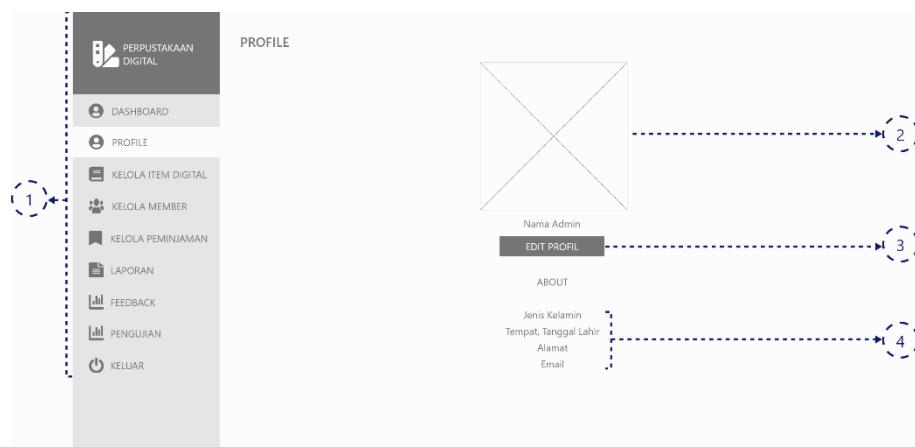
Keterangan:

1. Logo *website*.

2. Teks *link* “*dashboard*” yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman *dashboard*.
3. Teks *link* “*profile*” yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman profil *admin*.
4. Teks *link* “*kelola item digital*” yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman kelola item digital.
5. Teks *link* “*kelola member*” yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman kelola member.
6. Teks *link* “*kelola peminjaman*” yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman peminjaman.
7. Teks *link* “*laporan*” yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman laporan.
8. Teks *link* “*feedback*” yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman *feedback*.
9. Teks *link* “*pengujian*” yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman pengujian.
10. Teks *link* “*keluar*” yang berfungsi mengarahkan *admin* keluar dari *website*.
11. *Dashboard admin* yang terdiri dari statistik peminjaman, jumlah *member*, jumlah *member* baru, dan jumlah buku.

12. Halaman Profil Admin

Halaman profil *admin* merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk melihat informasi data diri *admin* di dalam *website*.



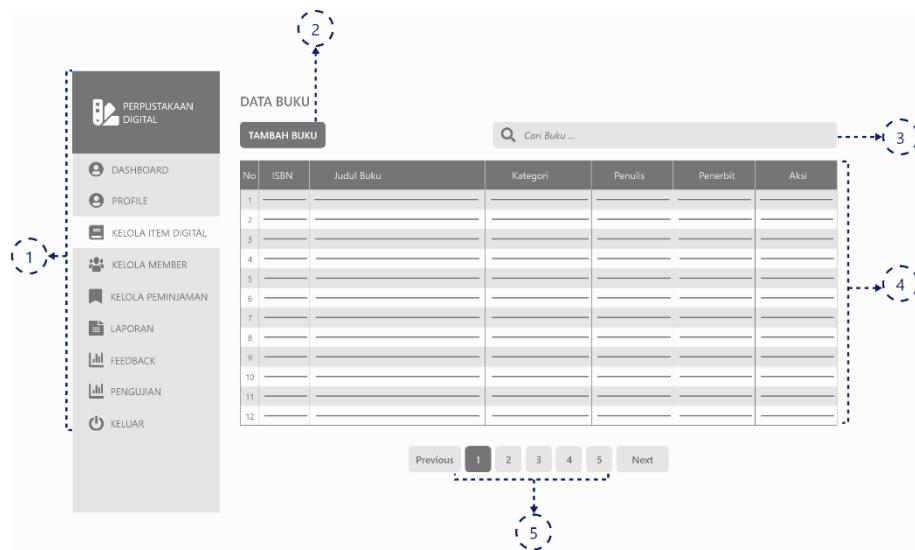
Gambar 3.15 Perancangan Halaman Profil Admin

Keterangan:

1. Menu navigasi *admin* yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman *dashboard*, profil *admin*, kelola item digital, kelola member, kelola peminjaman, laporan, *feedback*, pengujian dan keluar dari *website*.
2. Foto profil admin.
3. Tombol “edit profil” yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman edit profil.

4. Informasi data diri *admin* yang terdiri dari nama lengkap, jenis kelamin, tempat lahir, tanggal lahir, alamat, dan *email*.
13. Halaman *Item* Digital

Halaman *item* digital merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk melihat semua daftar *item* digital yang telah terdaftar.



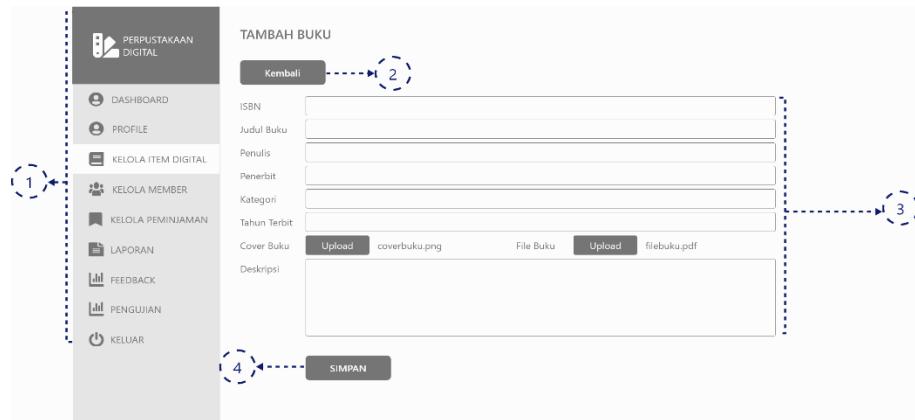
Gambar 3.16 Perancangan Halaman *Item* Digital

Keterangan:

1. Menu navigasi *admin* yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman *dashboard*, profil *admin*, kelola *item* digital, kelola *member*, kelola peminjaman, laporan, *feedback*, pengujian dan keluar dari *website*.
2. Tombol “tambah *item* digital” yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman tambah *item* digital.
3. Teks *input* “cari *item* digital” yang berfungsi untuk melakukan pencarian *item* digital.
4. Tabel daftar *item* digital yang telah terdaftar yang terdiri dari kode *item* digital, ISBN, judul *item* digital, kategori, penulis dan penerbit.
5. *Pagination* yang berfungsi melakukan perpindahan antar - halaman daftar *item* digital.

14. Halaman Tambah *Item* digital

Halaman tambah *item* digital merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk melakukan penambahan *item* digital baru.



Perancangan Halaman Tambah *Item* digital. Halaman ini menampilkan sidebar navigasi dan form tambah buku.

- 1. Sidebar navigasi dengan menu: DASHBOARD, PROFILE, KELOLA ITEM DIGITAL (berwarna gelap), KELOLA MEMBER, KELOLA PEMINJAMAN, LAPORAN, FEEDBACK, PENGUJIAN, KELUAR.
- 2. Tombol "Kembali" di bagian atas form.
- 3. Form tambah buku dengan input: ISBN, Judul Buku, Penulis, Penerbit, Kategori, Tahun Terbit, Cover Buku (Upload), Deskripsi (Upload).
- 4. Tombol "SIMPAN" di bagian bawah form.

Gambar 3.17 Perancangan Halaman Tambah *Item* digital

Keterangan:

1. Menu navigasi *admin* yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman *dashboard*, profil *admin*, kelola *item* digital, kelola *member*, kelola peminjaman, laporan, *feedback*, pengujian dan keluar dari website.
2. Tombol “kembali” yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman *item* digital.
3. Teks *input* yang terdiri dari ISBN, judul buku, penulis, penerbit, kategori, tahun terbit, upload cover *item* digital dan upload file *item* digital dan deskripsi.
4. Tombol “tambah *item* digital” berfungsi untuk menambahkan *item* digital.

15. Halaman Data *Member*

Halaman data *member* merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk melihat semua daftar *member* yang telah terdaftar.



Perancangan Halaman Data *Member*. Halaman ini menampilkan sidebar navigasi dan tabel data member.

- 1. Sidebar navigasi dengan menu: DASHBOARD, PROFILE, KELOLA ITEM DIGITAL (berwarna gelap), KELOLA MEMBER (berwarna gelap), KELOLA PEMINJAMAN, LAPORAN, FEEDBACK, PENGUJIAN, KELUAR.
- 2. Tombol "VERIFIKASI MEMBER BARU" di bagian atas tabel.
- 3. Tabel DATA MEMBER dengan kolom: No, Username, Nama, Email, Alamat, Akta.
- 4. Tombol "Cari Member..." di bagian atas tabel.
- 5. Navigasi halaman (Previous, Next) di bagian bawah tabel.

Gambar 3.18 Perancangan Halaman Data *Member*

Keterangan:

1. Menu navigasi *admin* yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman *dashboard*, profil *admin*, kelola *item* digital, kelola *member*, kelola peminjaman, laporan, *feedback*, pengujian dan keluar dari *website*.
2. Tombol “verifikasi *member* baru” yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman verifikasi *member* baru.
3. Teks *input* “cari *member*” yang berfungsi untuk melakukan pencarian *member*.
4. Tabel daftar *member* yang telah mendaftar dan diverifikasi oleh *admin*, yang terdiri dari kode, *username*, nama, *email*, nomor telepon dan aksi.
5. *Pagination* yang berfungsi melakukan perpindahan antar - halaman daftar *member*.

16. Halaman Verifikasi *Member* Baru

Halaman verifikasi *member* baru merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk memverifikasi *member* baru yang telah mendaftar.



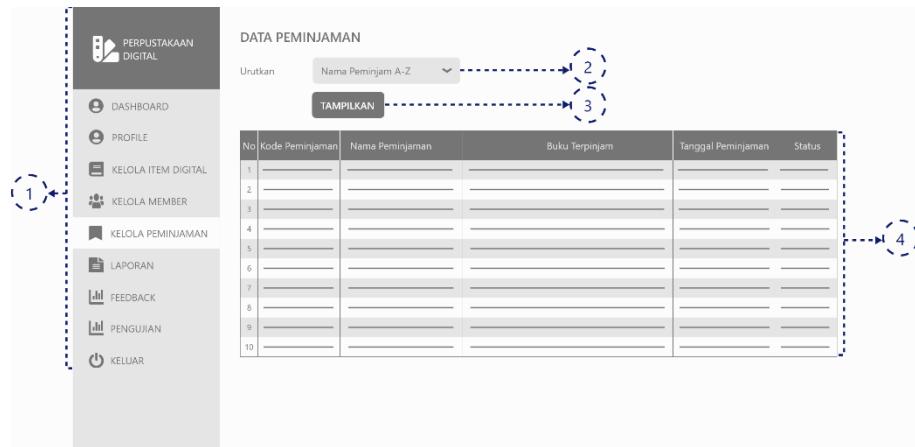
Gambar 3.19 Perancangan Halaman Verifikasi *Member* Baru

Keterangan:

1. Menu navigasi *admin* yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman *dashboard*, profil *admin*, kelola *item* digital, kelola *member*, kelola peminjaman, laporan, *feedback*, pengujian dan keluar dari *website*.
2. Tombol “kembali” yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman data *member*.
3. Tabel daftar *member* yang telah mendaftar, yang terdiri dari *username*, nama, *email*, nomor telepon dan aksi.
4. *Pagination* yang berfungsi melakukan perpindahan antar - halaman daftar *member* baru.

17. Halaman Data Peminjaman

Halaman data peminjaman merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk melihat daftar transaksi peminjaman *item* digital oleh *member*



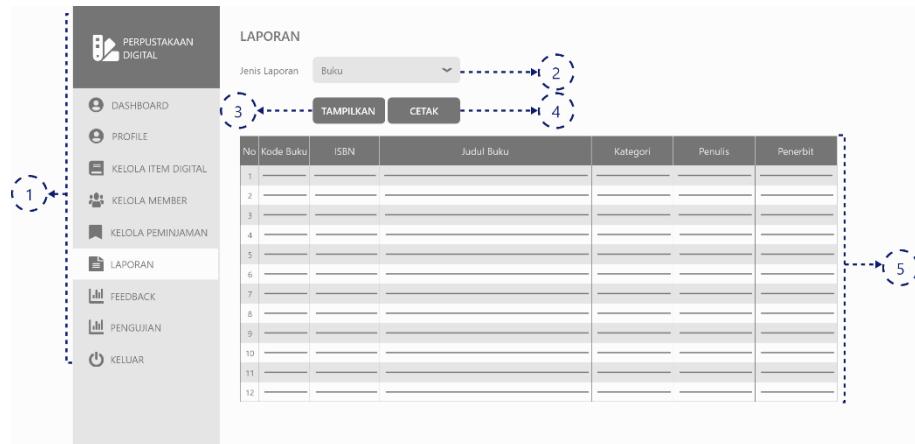
Gambar 3.20 Perancangan Halaman Peminjaman

Keterangan:

1. Menu navigasi *admin* yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman *dashboard*, profil *admin*, kelola *item* digital, kelola *member*, kelola peminjaman, laporan, *feedback*, pengujian dan keluar dari *website*.
2. *Combo box* yang berfungsi memilih jenis pengurutan daftar tabel peminjaman.
3. Tombol “tampilkan” yang berfungsi menampilkan daftar tabel sesuai dengan tanggal awal, tanggal akhir, dan pengurutan.
4. Tabel transaksi peminjaman yang terdiri dari kode peminjaman, nama *member*, *item* digital terpinjam, tanggal peminjaman, dan status

18. Halaman Laporan

Halaman laporan merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk mencetak laporan *item* digital dan *member* perpustakaan digital.



Gambar 3.21 Perancangan Halaman Laporan

Keterangan:

1. Menu navigasi *admin* yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman *dashboard*, profil *admin*, kelola *item* digital, kelola *member*, kelola peminjaman, laporan, *feedback*, pengujian dan keluar dari *website*.
2. *Combo box* “jenis laporan” yang berfungsi untuk memilih jenis laporan yang akan di tampilkan atau di cetak.
3. Tombol “tampilkan” yang berfungsi untuk menampilkan daftar laporan.
4. Tombol “cetak” yang berfungsi untuk mencetak laporan dalam bentuk pdf.
5. Tabel laporan *admin*.

19. Halaman Pengujian Keakuratan Sistem Rekomendasi

Halaman pengujian keakuratan sistem rekomendasi merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk melakukan pengujian keakuratan hasil sistem rekomendasi *deep collaborative filtering*.



Gambar 3.22 Perancangan Pengujian Keakuratan Sistem Rekomendasi

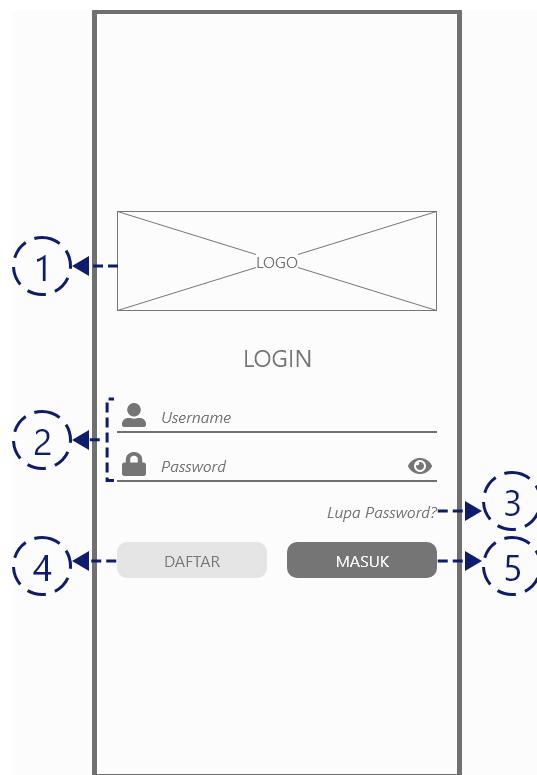
Kategori:

1. Menu navigasi *admin* yang berfungsi mengarahkan *admin* ke halaman *dashboard*, profil *admin*, kelola *item* digital, kelola *member*, kelola peminjaman, laporan, *feedback*, pengujian dan keluar dari *website*.
2. *Combo box* “jenis pengujian” yang terdiri dari pengujian MAE dan RMSE.
3. Tombol “hitung” yang berfungsi melakukan proses pengujian sistem rekomendasi.
4. Tabel hasil pengujian yang terdiri dari tanggal pengujian, jenis pengujian, dan hasil pengujian.

3.2.1.2 Tampilan Mobile

1. Halaman Masuk

Halaman masuk merupakan halaman pertama yang muncul saat *user* membuka aplikasi *mobile*. Pada halaman ini *user* dapat masuk ke dalam sistem dengan mengisi *username* dan *password* yang telah terdaftar.



Gambar 3.23 Perancangan Halaman Masuk *Mobile*

Keterangan:

1. Tampilan logo aplikasi
2. Teks *input* yang terdiri dari *username* dan *password*.

3. Teks *link* “lupa password” yang berfungsi mengarahkan *user* ke halaman lupa password.
 4. Tombol “daftar” yang berfungsi mengarahkan *user* ke halaman pendaftaran.
 5. Tombol “masuk” yang berfungsi untuk mengirim data yang telah di isi oleh *user* dan mengarahkan *user* ke halaman beranda *member*.
2. Halaman Pendaftaran

Halaman pendaftaran merupakan halaman yang muncul saat *user* mengklik tombol daftar pada tampilan masuk. Pada halaman ini *user* dapat mendaftar sebagai *member* dengan mengisi *form* pendaftaran dan menekan tombol daftar.

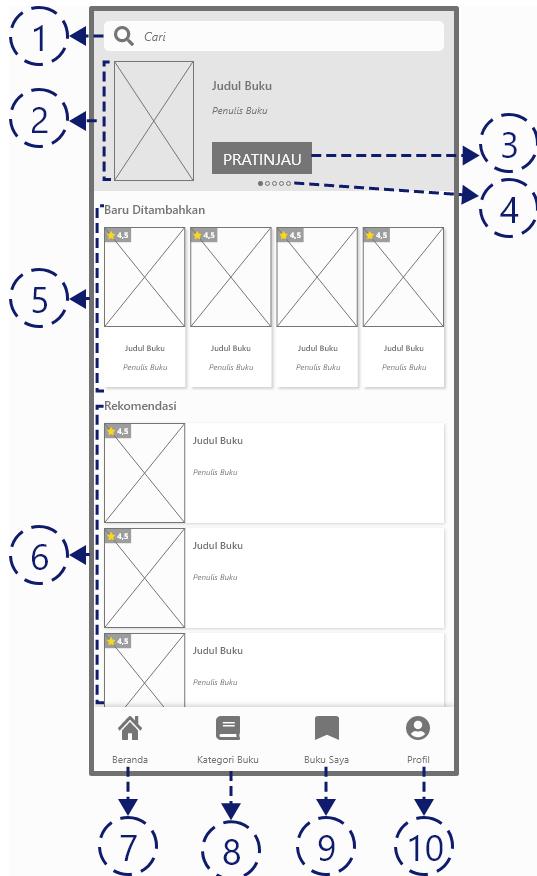
Gambar 3.24 Perancangan Halaman Pendaftaran Mobile

Keterangan:

1. Teks *input* yang terdiri dari nama lengkap, *username*, jenis kelamin, tempat lahir, tanggal lahir, negara, provinsi, kota, alamat, *email*, nomor telepon, *password*, dan konfirmasi *password*.
2. Tombol “daftar” yang berfungsi untuk mengirim data diri yang telah di isi oleh *user*.

3. Halaman Beranda

Halaman beranda *member* merupakan halaman yang muncul sesudah *member* telah masuk ke dalam sistem. Pada halaman ini *member* akan mendapatkan rekomendasi *item* digital.



Gambar 3.25 Perancangan Halaman Beranda Mobile

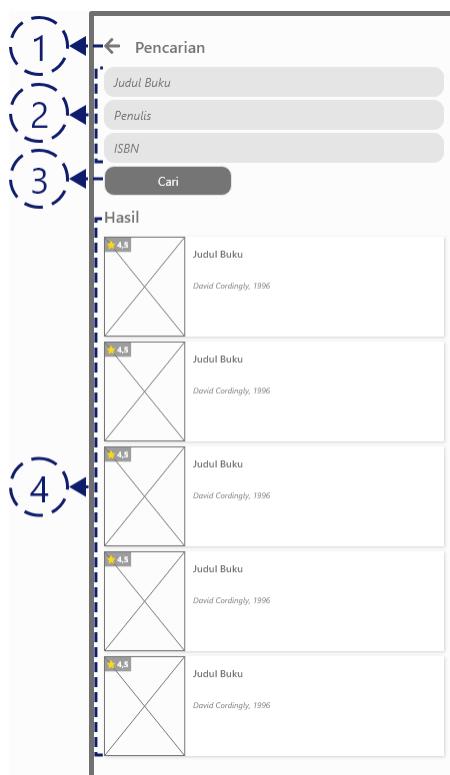
Keterangan:

1. Teks *input* untuk pencarian *item* digital.
2. *Slider* *item* digital berdasarkan *rating* tertinggi.
3. Tombol “pratinjau” yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman detail *item* digital.
4. *Pagination bullet* sebagai petunjuk *item* yang sedang tampil pada *slider*.
5. *Item* digital yang baru ditambahkan, yang terdiri daftar *item* digital dan informasi ringkas dari *item* digital terbaru.
6. Rekomendasi *item* digital, yang terdiri dari daftar *item* digital yang direkomendasikan berdasarkan algoritma *deep collaborative filtering*.
7. *Icon* menu “beranda” yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman beranda.
8. *Icon* menu “kategori *item* digital” yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman kategori *item* digital.

9. *Icon* menu “item digital saya” yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman item digital yang telah terpinjam.
10. *Icon* menu “pemberitahuan” yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman pemberitahuan
11. *Icon* menu “profil” yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman profil.

4. Halaman Pencarian

Halaman pencarian merupakan halaman yang digunakan *member* untuk melakukan pencarian terhadap item digital, berdasarkan judul item digital, penulis item digital atau nomor ISBN item digital.



Gambar 3.26 Perancangan Halaman Pencarian *Mobile*

Keterangan:

1. *Icon* “left arrow” yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman sebelumnya.
2. Teks *input* yang terdiri dari judul item digital, penulis, dan ISBN item digital yang dicari.
3. Tombol “cari” yang berfungsi menampilkan daftar item digital sesuai dengan judul item digital, penulis, atau ISBN yang di input oleh *user*.
4. Daftar item digital yang ditampilkan sesuai dengan judul item digital, penulis, atau ISBN yang di input oleh *user*.

5. Halaman Detail *Item* Digital

Halaman detail *item* digital merupakan halaman yang digunakan *member* untuk melihat informasi detail dari suatu *item* digital. Pada halaman ini juga *member* dapat memberikan *rating* dan ulasan terhadap suatu *item* digital



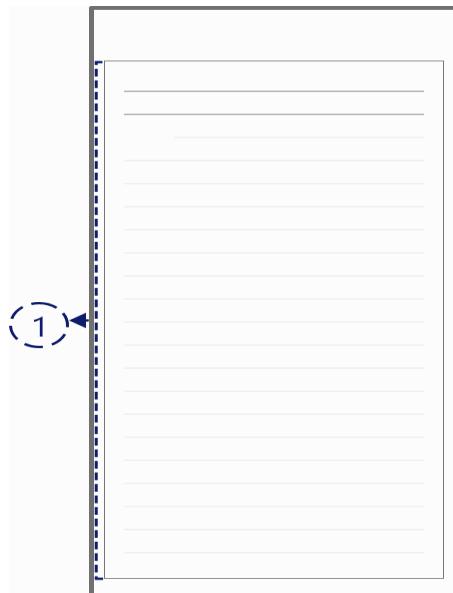
Gambar 3.27 Perancangan Halaman Detail *Item* Digital *Mobile*

Keterangan:

1. *Icon “left arrow”* yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman sebelumnya.
2. Informasi detail dari *item* digital yang terdiri dari foto sampul, judul, *rating*, penulis, penerbit, kategori, tahun terbit, ISBN, dan ringkasan.
3. Tombol “pinjam” yang berfungsi untuk melakukan peminjaman *item* digital
4. Tombol “berikan *rating* dan ulasan” yang berfungsi untuk mengarahkan user kehalaman berikan *rating* dan ulasan.

6. Halaman Baca *Item* Digital

Halaman baca *item* digital merupakan halaman yang digunakan *member* untuk membaca *item* digital yang telah di pinjam.

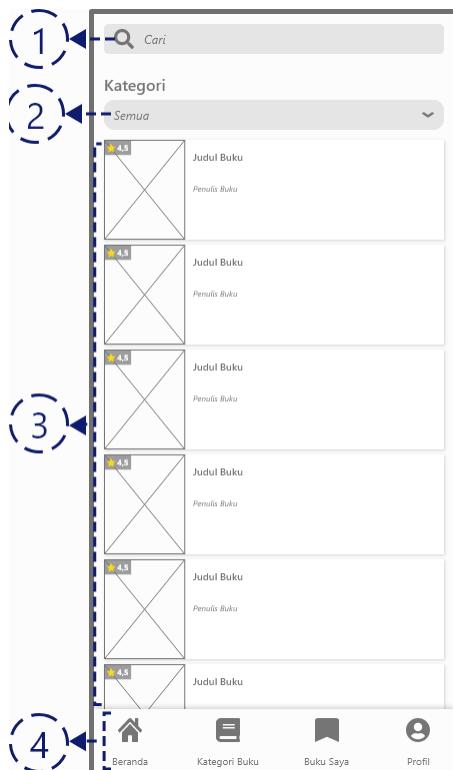


Gambar 3.28 Perancangan Halaman Baca Item Digital Mobile

Keterangan:

1. *Book reader* yang berfungsi menampilkan konten dari *item* digital yang dibaca
7. Halaman Kategori *Item* Digital

Halaman kategori *item* digital merupakan halaman yang digunakan *member* untuk melihat daftar *item* digital sesuai dengan kategori *item* digital.

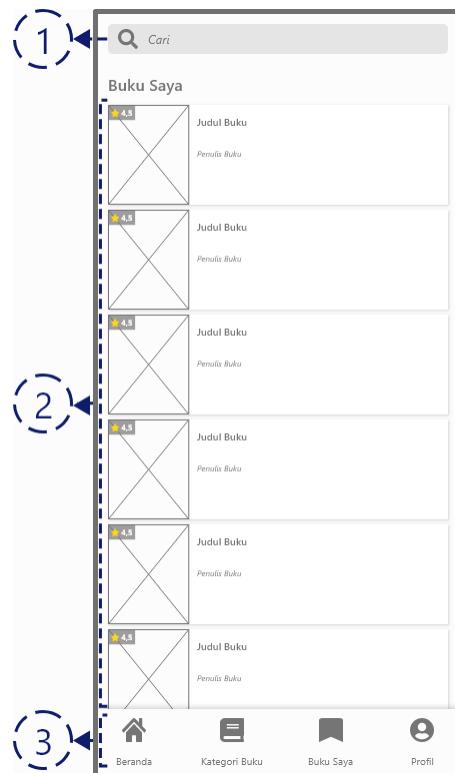


Gambar 3.29 Perancangan Halaman Kategori Item Digital Mobile

Keterangan:

1. Teks *input* untuk pencarian *item* digital.
 2. Combo box “kategori” yang terdiri dari semua kategori *item* digital.
 3. Daftar *item* digital yang ditampilkan sesuai dengan kategori yang terpilih.
 4. Daftar menu yang terdiri dari beranda, kategori *item* digital, *item* digital saya, pemberitahuan, dan profil.
8. Halaman *Item Digital Saya*

Halaman *item* digital saya merupakan halaman yang digunakan *member* untuk melihat daftar *item* digital yang telah dipinjam.



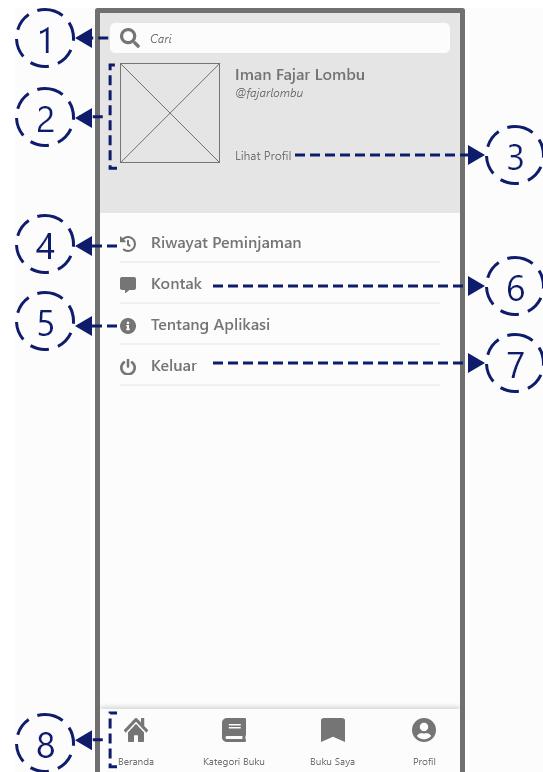
Gambar 3.30 Perancangan Halaman *Item Digital Saya Mobile*

Keterangan:

1. Teks *input* untuk pencarian *item* digital.
2. Daftar *item* digital yang sedang dipinjam oleh *member*.
3. Daftar menu yang terdiri dari beranda, kategori *item* digital, *item* digital saya, pemberitahuan, dan profil.

9. Halaman Menu Profil

Halaman menu profil merupakan halaman yang digunakan *member* untuk melihat profil *member* dan menu lainnya.



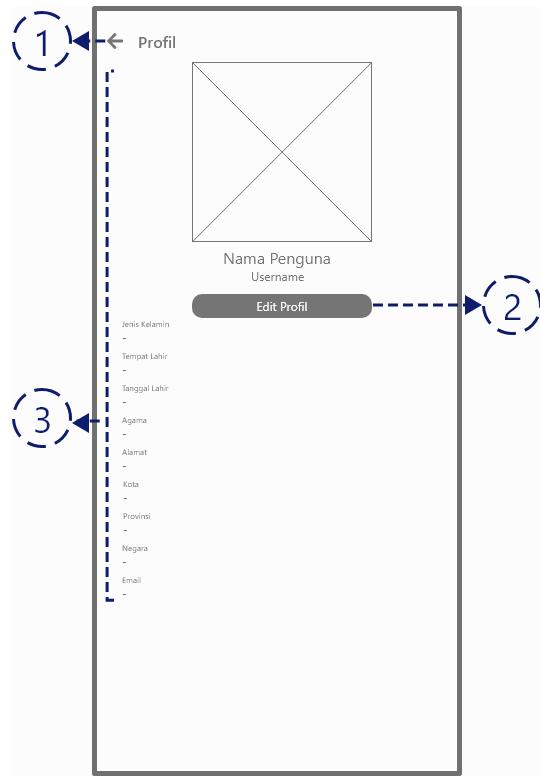
Gambar 3.31 Perancangan Halaman Menu Profil Mobile

Keterangan:

1. Teks *input* untuk pencarian *item* digital.
2. Informasi *member* yang terdiri dari foto profil, nama, dan *username*.
3. Teks *link* “lihat profil” yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman profil *member*.
4. Teks *link* “riwayat peminjaman” yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman riwayat peminjaman.
5. Teks *link* “tentang aplikasi” yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman tentang aplikasi.
6. Teks *link* “kontak” yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman kontak.
7. Teks *link* “keluar” yang berfungsi mengarahkan *member* keluar dari sistem dan menuju halaman login.
8. Daftar menu yang terdiri dari beranda, kategori *item* digital, *item* digital saya, pemberitahuan, dan profil.

10. Halaman Profil *Member*

Halaman profil merupakan halaman yang digunakan *member* untuk melihat informasi data diri *member* di dalam aplikasi.



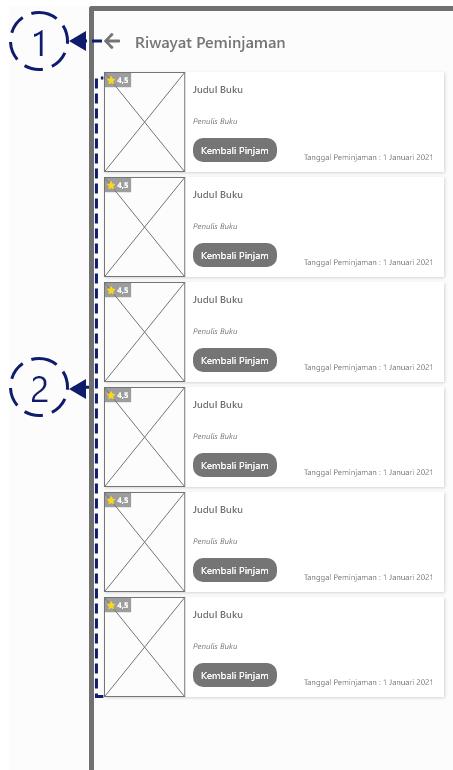
Gambar 3.32 Perancangan Halaman Profil *Member* Mobile

Keterangan:

1. *Icon “left arrow”* yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman menu profil.
2. Tombol “edit profil” yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman edit profil.
3. Informasi data diri *member* yang terdiri dari foto profil, nama, *username*, jenis kelamin, tempat lahir, tanggal lahir, alamat, kota, provinsi, negara, dan *email*.

11. Halaman Riwayat Peminjaman

Halaman riwayat peminjaman merupakan halaman yang digunakan *member* untuk melihat daftar riwayat peminjaman *item* digital.



Gambar 3.33 Perancangan Halaman Riwayat Peminjaman Mobile

Keterangan:

1. *Icon “left arrow”* yang berfungsi mengarahkan *member* ke halaman menu profil.
2. Daftar riwayat *item* digital yang telah dipinjam oleh *member*.

3.2.2 Perancangan Basis Data

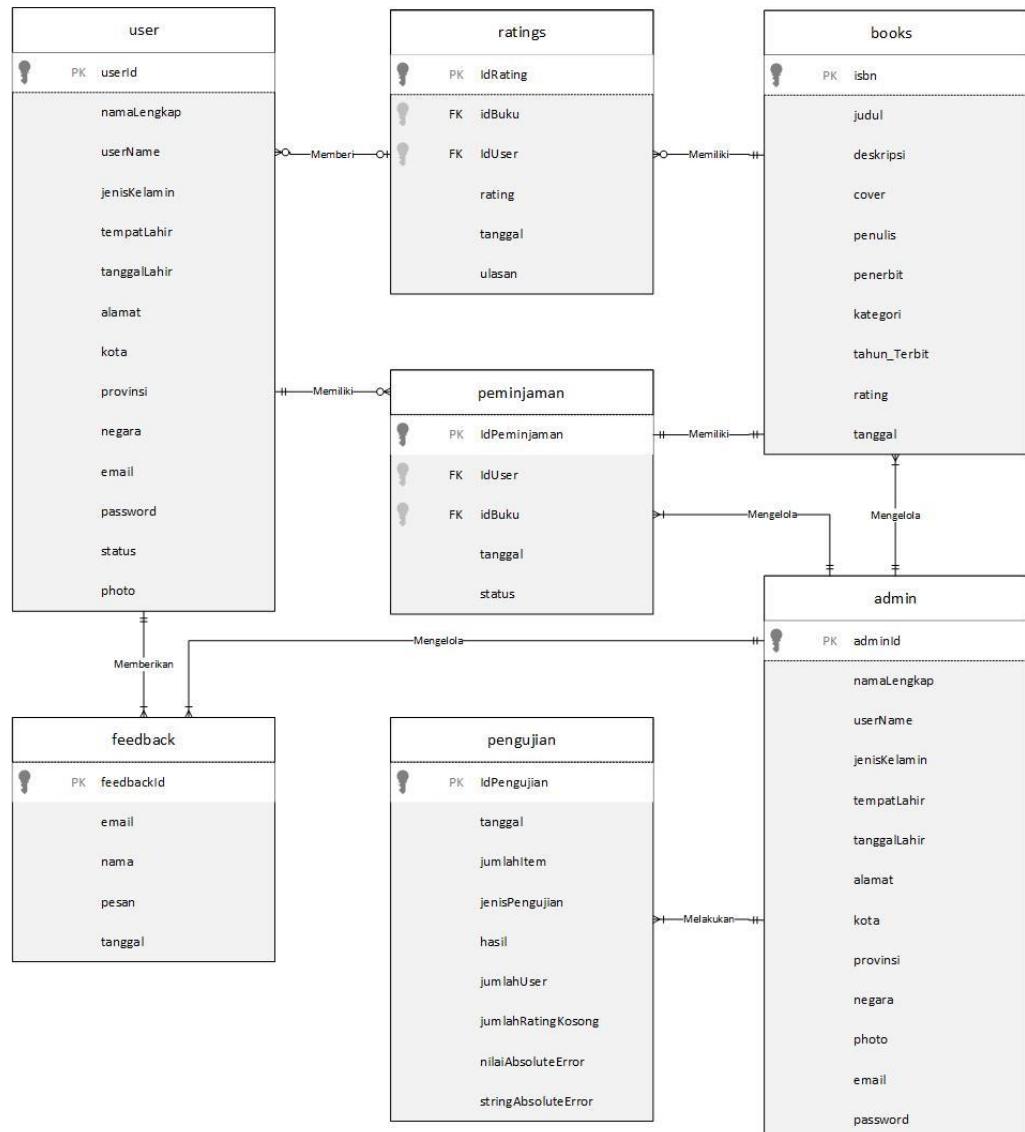
Dalam perancangan basis data aplikasi rekomendasi *e-book* pada perpustakaan digital di implementasikan dalam bentuk *class diagram*. *Class diagram* digunakan untuk menunjukkan hubungan antara entitas pada sebuah data dan bagaimana hubungan yang terjadi di antara objek-objek tersebut. Entitas menunjukkan objek-objek dasar yang terkait di dalam sistem yang terdiri dari: *books*, *ratings*, *feedback*, *user*, *admin*, peminjaman dan pengujian. Untuk relasi antara entitas dengan entitas lainnya pada sistem ini yaitu sebagai berikut.

Tabel 3.77 Relasi antara entitas pada ERD

No.	Relasi antara Entitas	Keterangan
1.	<pre> classDiagram class books class ratings books "##" --o "0..1" ratings : Memiliki </pre>	<i>books</i> memiliki banyak <i>rating</i> atau tidak sama sekali (<i>optional</i>) dan atau <i>rating</i> dimiliki oleh maksimal 1 (satu) <i>books</i> dan minimal satu 1 (satu) <i>books</i> .

2.		<i>books</i> memiliki minimal 1 (satu) peminjam dan maksimal 1 (satu) peminjam dan atau peminjam dimiliki minimal 1 (satu) <i>books</i> dan maksimal 1 (satu) <i>books</i> .
3.		<i>admin</i> mengelola maksimal banyak buku dan minimal 1 (satu) buku dan atau <i>books</i> dikelola minimal 1 (satu) <i>admin</i> dan maksimal 1 (satu) <i>admin</i> .
4.		<i>admin</i> mengelola minimal 1 (satu) peminjaman dan banyak peminjaman dan atau peminjaman dikelola oleh minimal 1 (satu) <i>admin</i> dan maksimal 1 (satu) <i>admin</i> .
5.		<i>admin</i> melakukan minimal 1(satu) pengujian dan maksimal banyak pengujian dan atau pengujian dilakukan oleh minimal 1 (satu) <i>admin</i> dan maksimal 1 (satu) <i>admin</i> .
6.		<i>admin</i> mengelola minimal 1(satu) <i>feedback</i> dan maksimal banyak <i>feedback</i> dan atau <i>feedback</i> dikelola oleh minimal 1 (satu) <i>admin</i> dan maksimal 1 (satu) <i>admin</i> .
7.		<i>user</i> memberi minimal 1 (satu) <i>rating</i> dan maksimal 1 (satu) <i>rating</i> dan atau <i>ratings</i> diberi oleh minimal 1 (satu) <i>user</i> dan maksimal 1 (satu) <i>user</i> .
8.		<i>user</i> memberi minimal 1 (satu) <i>feedback</i> dan maksimal banyak <i>feedback</i> dan atau <i>feedback</i> diberi minimal 1 (satu) <i>user</i> dan maksimal 1 (satu) <i>user</i> .

9.	<pre> classDiagram class user class peminjaman user "2" -- "*" peminjaman : melakukan </pre>	<p><i>user</i> melakukan minimal 1 (satu) peminjaman dan maksimal banyak peminjaman dan atau peminjaman diberi minimal 1 (satu) <i>user</i> dan maksimal 1 (satu) <i>user</i>.</p>
----	--	--



Gambar 3.34 Relasi Antar Tabel Basis Data Perpustakaan Digital

Dari gambar 3.35 dapat dijelaskan dalam tabel 3.78 sampai tabel 3.84:

1. *user*

Tabel *user* digunakan untuk menyimpan data *user* yang terdaftar di aplikasi.

Tabel 3.78 Struktur Tabel *user*

Nama Atribut	Tipe Data	Keterangan
userId	VARCHAR(30)	userId [<i>primary key, not null</i>]
namaLengkap	VARCHAR (100)	Nama Lengkap dari <i>member</i> [<i>not null</i>]
photo	VARCHAR (100)	Foto dari <i>member</i>
userName	VARCHAR(50)	<i>username</i> dari <i>member</i> [<i>not null</i>]
jenisKelamin	VARCHAR(9)	Jenis kelamin <i>member</i>
tempatLahir	VARCHAR(50)	Tempat lahir <i>member</i>
tanggalLahir	DATE	Tanggal lahir <i>member</i>
alamat	VARCHAR(200)	Alamat dari <i>member</i>
kota	VARCHAR(50)	Alamat dari <i>member</i>
provinsi	VARCHAR(50)	Provinsi dari <i>member</i>
negara	VARCHAR(50)	Negara dari <i>member</i>
email	VARCHAR(50)	Email dari <i>member</i>
password	VARCHAR(50)	Kata sandi yang digunakan <i>member</i> saat <i>login</i>
status	VARCHAR(10)	Status dari <i>member</i>

2. *admin*

Tabel *admin* digunakan untuk menyimpan data *admin*.

Tabel 3.79 Struktur Tabel *Admin*

Nama Atribut	Tipe Data	Keterangan
userId	VARCHAR(30)	userId [<i>primary key, not null</i>]
namaLengkap	VARCHAR(100)	Nama lengkap dari <i>admin</i> [<i>not null</i>]
username	VARCHAR(50)	<i>Username</i> dari <i>admin</i> [<i>not null</i>]

jenisKelamin	VARCHAR(15)	Jenis kelamin <i>admin</i>
tempatLahir	VARCHAR(50)	Tempat lahir dari <i>admin</i>
tanggalLahir	DATE	Tanggal lahir <i>admin</i>
alamat	VARCHAR(200)	Alamat dari <i>admin</i>
kota	VARCHAR(50)	Alamat dari <i>admin</i>
provinsi	VARCHAR(50)	Provinsi dari <i>admin</i>
negara	VARCHAR(50)	Negara dari <i>admin</i>
photo	VARCHAR(100)	Foto profil <i>admin</i>
<i>email</i>	VARCHAR(50)	<i>Email</i> dari <i>admin</i>
<i>password</i>	VARCHAR(50)	Kata sandi yang digunakan <i>admin</i> saat <i>login</i>

3. books

Tabel *books* digunakan untuk menyimpan data *item* digital.

Tabel 3.80 Struktur Tabel *books*

Nama Atribut	Tipe Data	Keterangan
isbn	VARCHAR(30)	ISBN [<i>primary key, not null</i>]
judul	VARCHAR(100)	Nama dari <i>item</i>
deskripsi	VARCHAR(200)	Deskripsi singkat dari <i>item</i>
penulis	VARCHAR(100)	Nama dari pengarang / penulis <i>item</i>
kategori	VARCHAR(50)	Pengelompokan <i>item</i> digital
penerbit	VARCHAR(100)	Nama penerbit <i>item</i>
tahunTerbit	DATE	Tahun terbit <i>item</i>
cover	VARCHAR(200)	Menyimpan <i>link</i> foto <i>cover item</i>
rating	FLOAT	Penilaian <i>item</i>
tanggal	DATETIME	Tanggal dan waktu buku di <i>input</i> ke dalam sistem.

4. *ratings*

Tabel *ratings* digunakan untuk menyimpan data *rating*.

Tabel 3.81 Struktur Tabel *ratings*

Nama Atribut	Tipe Data	Keterangan
<i>idRating</i>	VARCHAR(30)	<i>IdRating</i> [<i>primary key</i>]
<i>idBuku</i>	VARCHAR(30)	<i>IdBuku</i> [<i>foreign key</i>]
<i>idUser</i>	VARCHAR(30)	<i>idUser</i> [<i>foreign key</i>]
<i>rating</i>	FLOAT	Penilaian <i>rating item</i>
<i>tanggal</i>	DATETIME	Tanggal dan waktu <i>member</i> memberi <i>rating item</i>
<i>ulasan</i>	VARCHAR(300)	Ulasan <i>item</i>

5. *feedback*

Tabel *feedback* digunakan untuk menyimpan data *feedback*.

Tabel 3.82 Struktur Tabel *feedback*

Nama Atribut	Tipe Data	Keterangan
<i>feedbackId</i>	VARCHAR(30)	<i>feedbackId</i> [<i>primary key, not null</i>]
<i>nama</i>	VARCHAR(100)	Nama <i>user</i> yang memberikan <i>feedback</i>
<i>email</i>	VARCHAR(50)	<i>email user</i> yang memberikan <i>feedback</i>
<i>pesan</i>	VARCHAR(300)	pesan yang diberikan <i>user</i>
<i>tanggal</i>	DATETIME	Tanggal dan waktu <i>user</i> memberikan <i>feedback</i> .

6. peminjaman

Tabel Log Peminjaman digunakan untuk menyimpan data transaksi meminjam yang dilakukan oleh *member*.

Tabel 3.83 Struktur Tabel peminjaman

Nama Atribut	Tipe Data	Keterangan
idPeminjaman	VARCHAR(30)	idPeminjaman [<i>primary key, not null</i>]
IdUser	VARCHAR(30)	IdUser [<i>foreign key</i>]
idBuku	VARCHAR(30)	idBuku [<i>foreign key</i>]
tanggal	DATETIME	Tanggal dan waktu <i>member</i> melakukan peminjaman <i>item</i>
status	VARCHAR(20)	status Peminjaman <i>item</i> oleh <i>member</i>

7. pengujian

Tabel Pengujian digunakan untuk menyimpan data hasil Pengujian.

Tabel 3.84 Struktur Tabel Pengujian

Nama Atribut	Tipe Data	Keterangan
idPengujian	VARCHAR(30)	idPengujian [<i>primary key, not null</i>]
tanggal	DATETIME	Tanggal dan waktu pengujian dilakukan
jenisPengujian	VARCHAR(5)	Jenis pengujian yang dilakukan
hasil	FLOAT	Hasil pengujian
jumlahItem	INT	Jumlah <i>item</i> yang ada pada saat pengujian
jumlahUser	INT	Jumlah <i>user</i> yang ada pada saat pengujian
jumlahRatingKosong	INT	Jumlah <i>rating</i> yang kosong (<i>sparsiy</i>)
nilaiAbsoluteError	FLOAT	Hasil nilai <i>absolute error</i>
stringAbsoluteError	VARCHAR(500)	Hasil <i>string absolute error</i>

BAB IV

HASIL DAN PENGUJIAN

4.1 Hasil

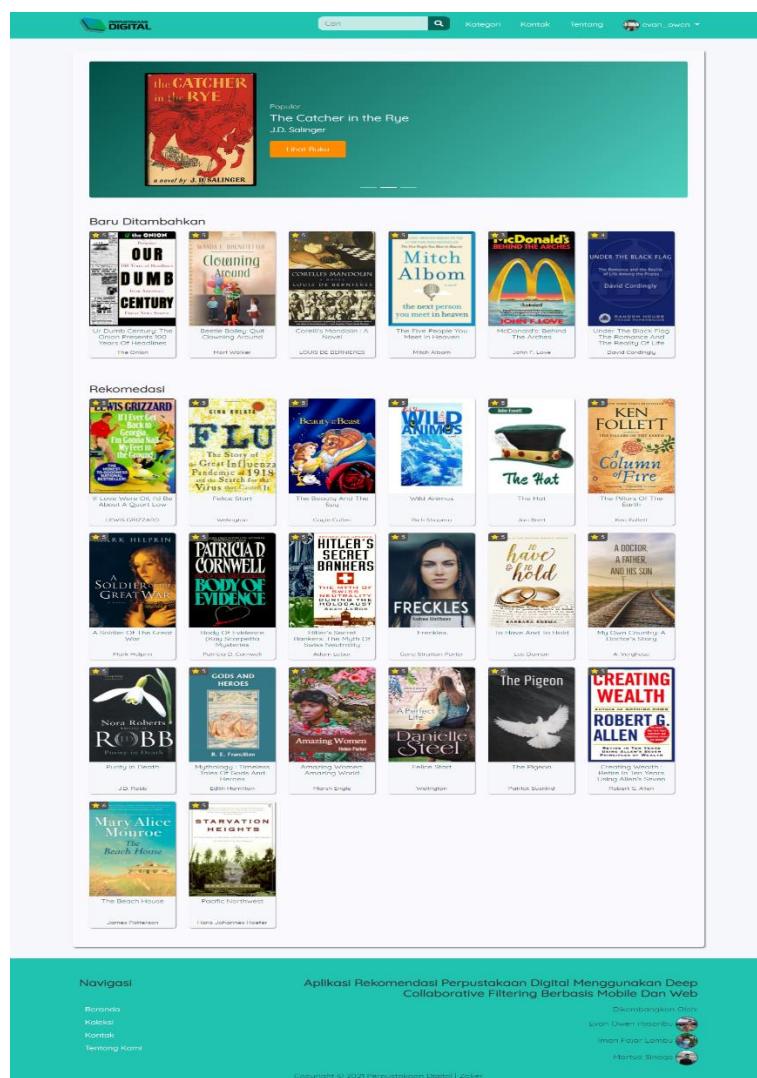
Hasil pengembangan aplikasi ini terdiri dari 2 (dua) bagian, yakni aplikasi *website* dan aplikasi *mobile* yang akan dijelaskan lewat tampilan dari aplikasi yang telah dibangun.

4.1.1 Website

Aplikasi *website* dibedakan menjadi 3 bagian berdasarkan aktor (*guest*, *member*, dan *admin*) di dalam sistem. Berikut tampilan aplikasi *website* yang telah selesai dibangun beserta penjelasan singkat ringkas dari masing-masing tampilan.

1. User

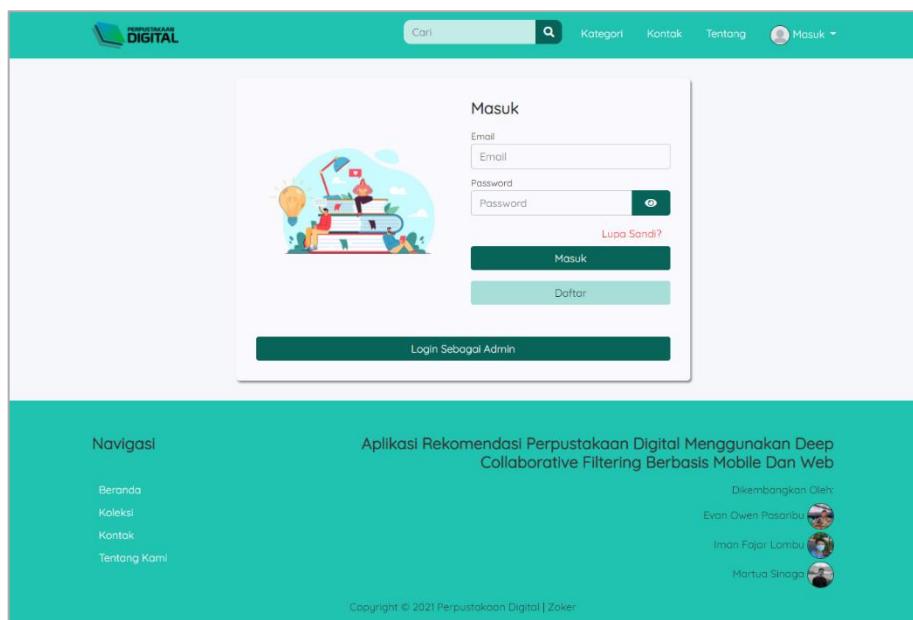
a. Halaman Utama *Website*



Gambar 4.1 Tampilan Halaman Utama *Website*

Halaman utama *website* merupakan halaman yang pertama kali dilihat oleh *user* ketika mengakses *website*. Pada bagian *header website* terdapat menu navigasi dan kotak pencarian *item* pada perpustakaan digital. Pada bagian *content website* terdapat *item* populer dan *item* baru dan rekomendasi *item*. *User* yang belum melakukan *login* akan mendapatkan rekomendasi *item* bedasarkan *rating item* dari yang tertinggi ke yang terendah dan pada *icon* profil terdapat menu *dropdown* yang dapat mengarahkan *user* ke halaman *login* dan *register*. *Member* yang telah *login* ke dalam *website* akan mendapatkan rekomendasi buku berdasarkan algoritma *deep collaborative filtering* dan pada *icon* profil terdapat menu *dropdown* yang dapat mengarahkan *user* ke halaman profil, buku terpinjam, riwayat peminjaman dan keluar dari *website*.

b. Halaman Login



Gambar 4.2 Tampilan Halaman *Login*

Halaman *login* merupakan halaman yang digunakan *user* untuk masuk ke dalam *website* dengan hak akses sebagai *member*. Hak akses yang dimaksud seperti mendapat rekomendasi bedasarkan algoritma *deep collaborative filtering*, meminjam *item*, membaca *item*, memberi *rating* dan ulasan terhadap *item*, dan melihat atau mengedit informasi data diri. *User* diwajibkan mengisi *email* dan *password* yang telah terdaftar dengan benar untuk mendapat hak akses *member*.

c. Halaman Registrasi

The screenshot shows the registration page of a digital library application. At the top, there's a navigation bar with links for Cari (Search), Kategori (Category), Kontak (Contact), Tentang (About), and Masuk (Login). The main content area is titled "Daftar Sekarang" (Register Now). It contains a form with the following fields:

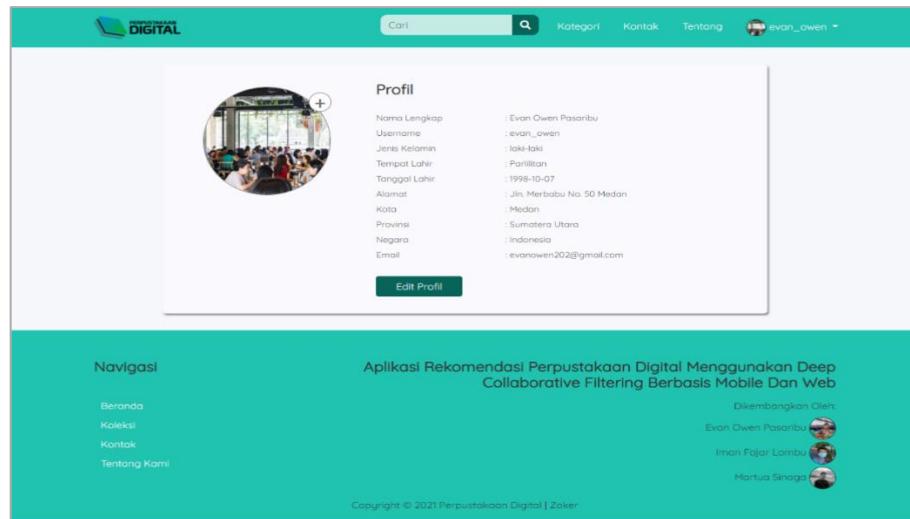
- Nama Lengkap (Full Name)
- Username
- Jenis Kelamin (Gender): Laki-laki
- Tempat Lahir (Birthplace)
- Tanggal Lahir (Birthdate): 01/01/2000
- Negara (Country)
- Provinsi (Province)
- Kota (City)
- Alamat (Address)
- Email
- Password
- Konfirmasi Password (Confirm Password)

At the bottom of the form is a large green "Daftar" (Register) button. The footer of the page includes a "Navigasi" (Navigation) section with links to Beranda, Koleksi, Kontak, and Tentang Kami. It also features the title "Aplikasi Rekomendasi Perpustakaan Digital Menggunakan Deep Collaborative Filtering Berbasis Mobile Dan Web". On the right side of the footer, it says "Dikembangkan Oleh:" followed by the names Evan Owen Pasaribu, Iman Fajar Lumbu, and Martua Sinega, each with a small profile picture. The footer also includes a copyright notice: "Copyright © 2021 Perpustakaan Digital | Zoker".

Gambar 4.3 Tampilan Halaman *Registrasi*

Halaman *registrasi* merupakan halaman yang digunakan *user* untuk mendaftar ke dalam *website* untuk mendapatkan hak akses sebagai *member*. *user* perlu mengisi *form* pendaftaran dengan lengkap seperti nama depan, nama belakang, *username*, jenis kelamin, tempat lahir, tanggal lahir, agama, hobi, negara, provinsi, kota, alamat, *email*, *password* dan konfirmasi *password*. Setelah mengisi dan mengirim *form* pendaftaran *admin* akan melakukan verifikasi terlebih dahulu terhadap informasi data tersebut sebelum dapat digunakan, untuk login ke dalam *website*.

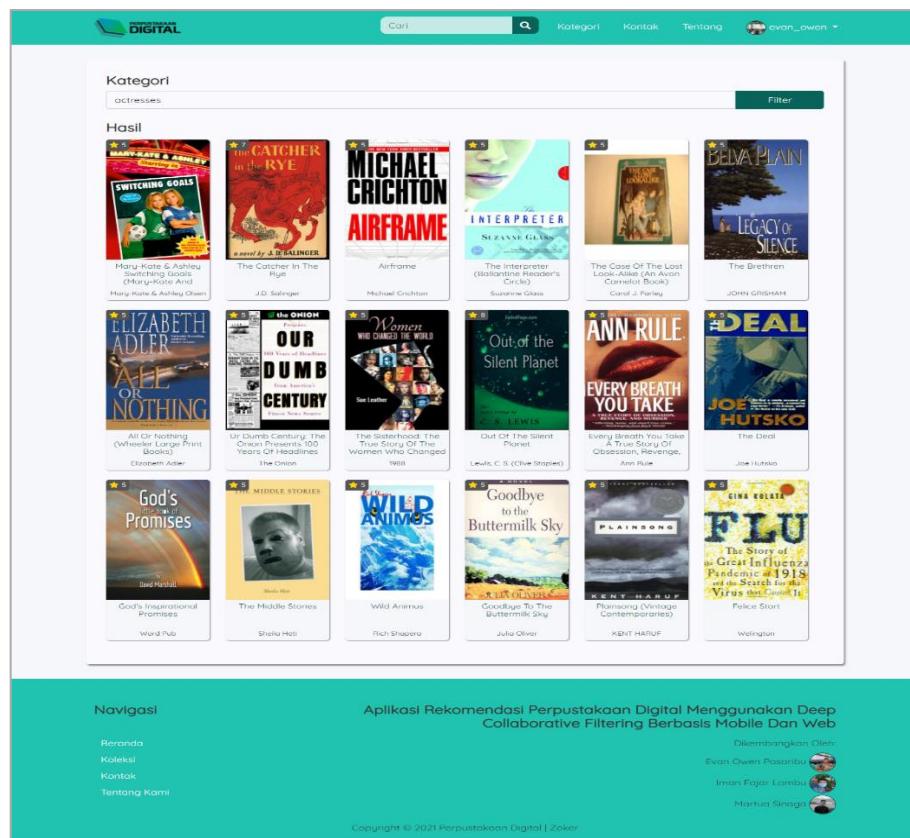
d. Halaman Profil



Gambar 4.4 Tampilan Halaman Profil

Halaman profil merupakan halaman yang digunakan oleh *user* dengan hak akses *member* untuk melihat atau mengedit informasi data diri yang telah terdaftar di dalam sistem aplikasi.

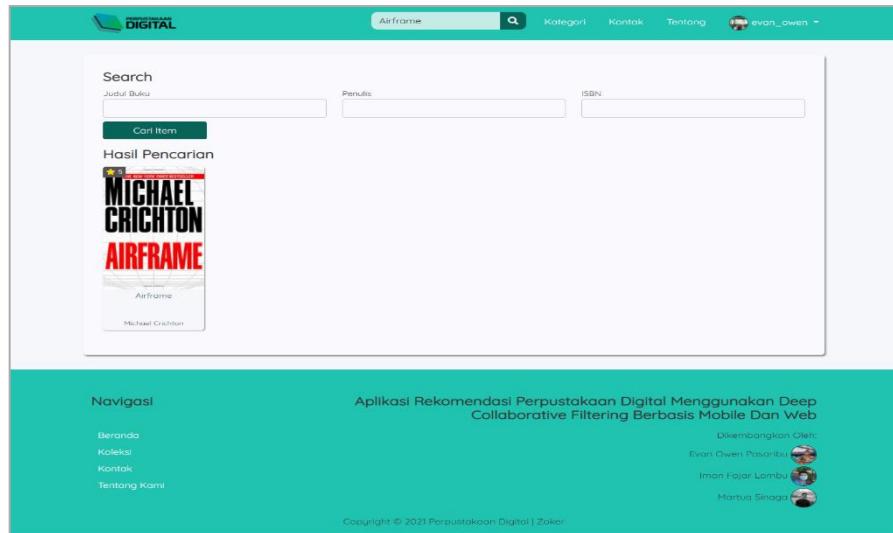
e. Halaman Kategori



Gambar 4.5 Tampilan Halaman Kategori

Halaman kategori merupakan halaman yang digunakan oleh *user* untuk melihat dan menyaring daftar koleksi *item* berdasarkan kategori *item* yang telah di pilih.

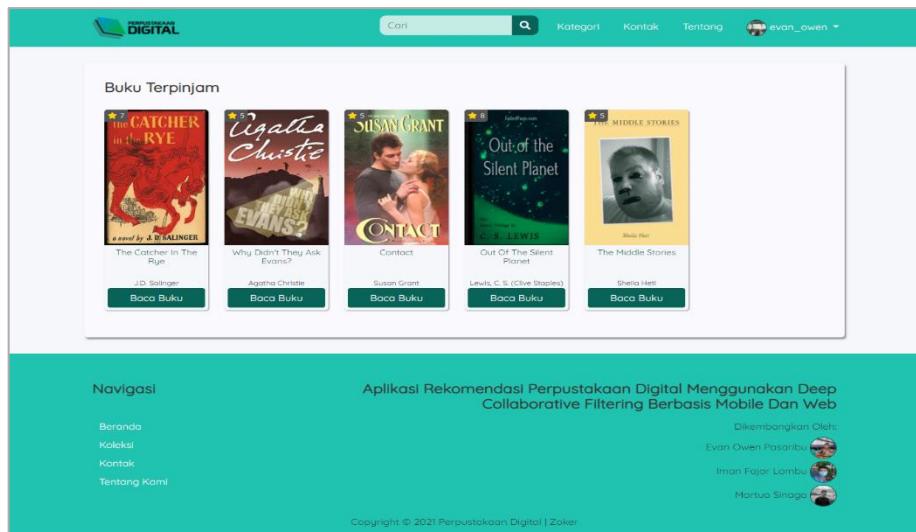
f. Halaman Pencarian



Gambar 4.6 Tampilan Halaman Pencarian

Halaman pencarian merupakan halaman yang muncul setelah *user* melakukan pencarian menggunakan kotak pencarian di bagian *header website*. Hasil pencarian berupa daftar *item* dengan judul *item* yang mengandung teks *input* dari kotak pencarian. Pada halaman pencarian terdapat juga pencarian lanjutan terhadap *item* berdasarkan judul, isbn, ataupun penulis *item*.

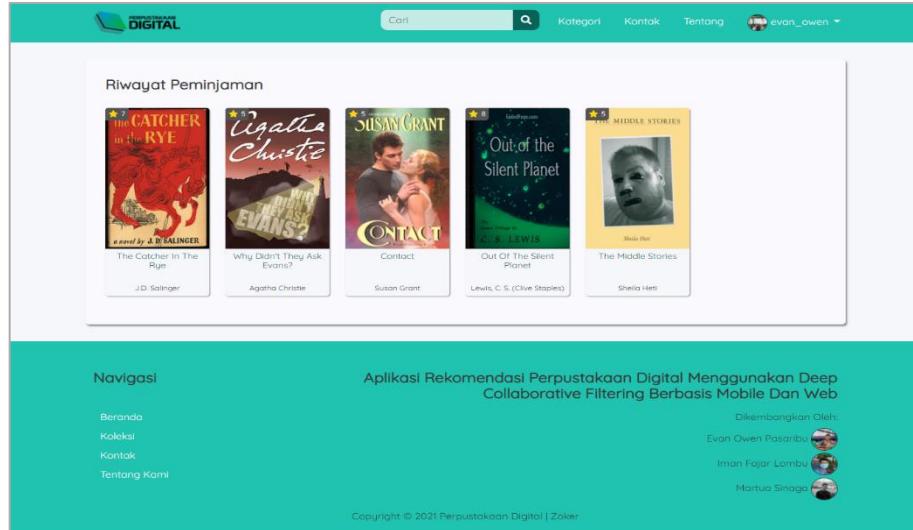
g. Halaman *Item Terpinjam*



Gambar 4.7 Tampilan Halaman *Item Terpinjam*

Halaman *item* terpinjam merupakan halaman yang digunakan *user* dengan hak akses *member* untuk melihat daftar *item* yang masih dalam jangka waktu peminjaman.

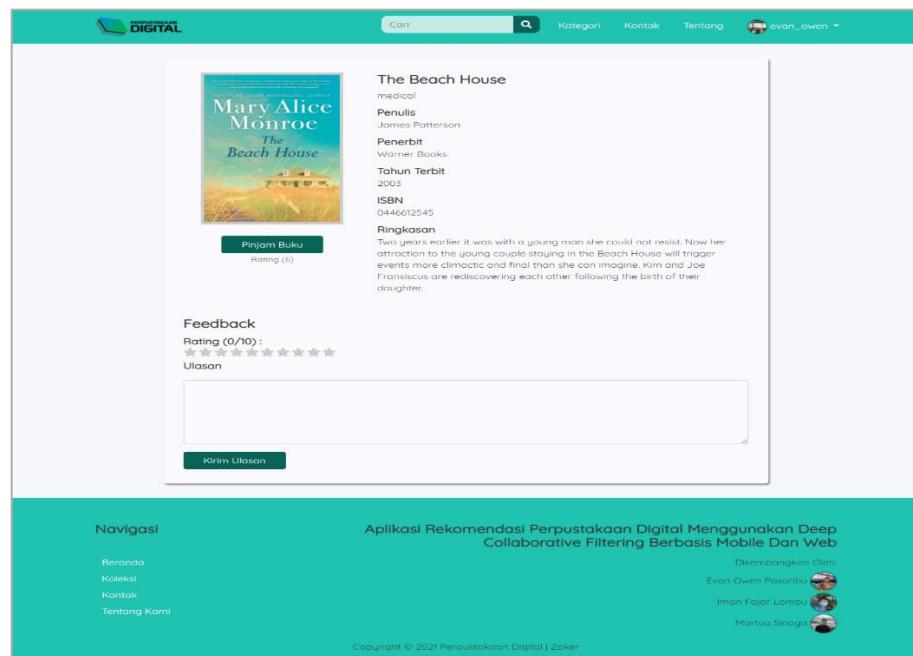
h. Halaman Riwayat Peminjaman



Gambar 4.8 Tampilan Halaman Riwayat Peminjaman

Halaman riwayat peminjaman merupakan halaman yang digunakan *user* dengan hak akses *member* untuk melihat daftar semua riwayat peminjaman *item*.

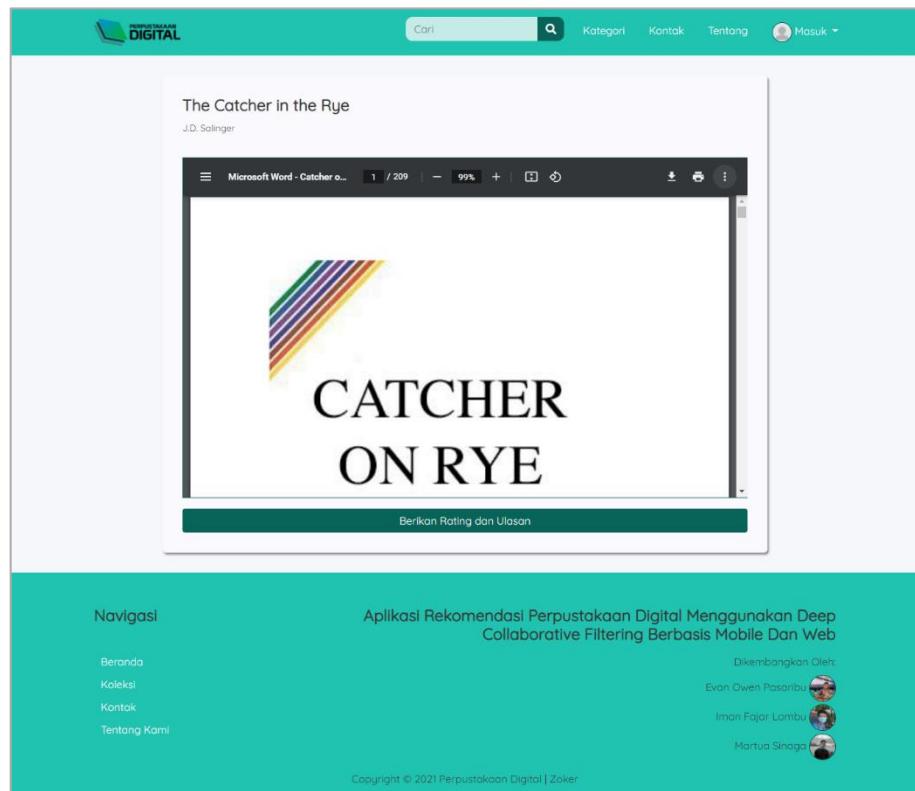
i. Halaman Detail *Item*



Gambar 4.9 Tampilan Detail *Item*

Halaman detail *item* merupakan halaman yang digunakan *user* untuk melihat rincian detail *item* seperti cover, *rating*, judul, kategori, penulis, penerbit, tahun terbit, ISBN, dan ringkasan *item*. Jika *user* telah login dengan hak akses *member* dapat melakukan peminjaman *item* dan setelah meminjam *item*, *user* dapat memberi *feedback* berupa *rating* dan ulasan terhadap *item*.

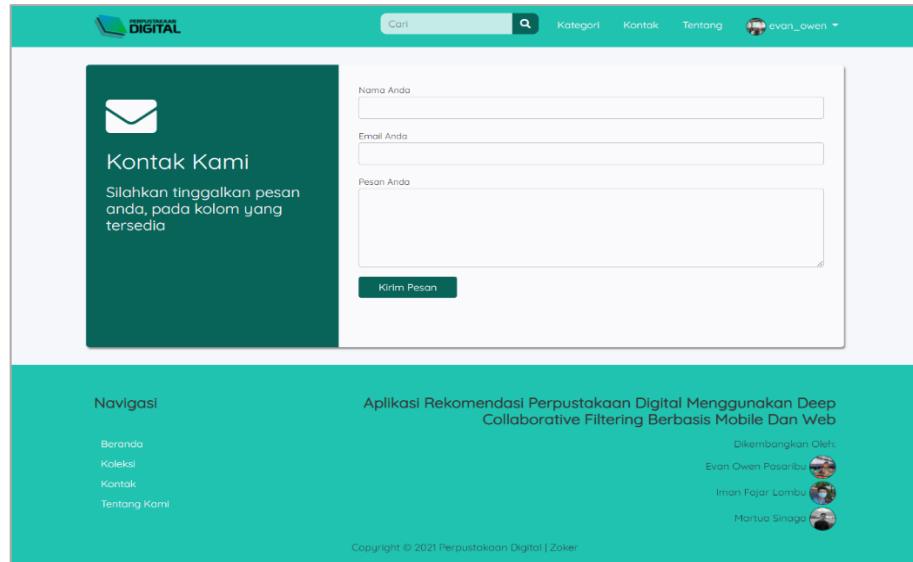
j. Halaman Baca *Item*



Gambar 4.10 Tampilan Halaman Baca *Item*

Halaman baca *item* merupakan halaman yang digunakan *user* dengan hak akses *member* untuk membaca *item* digital yang telah di pinjam terlebih dahulu.

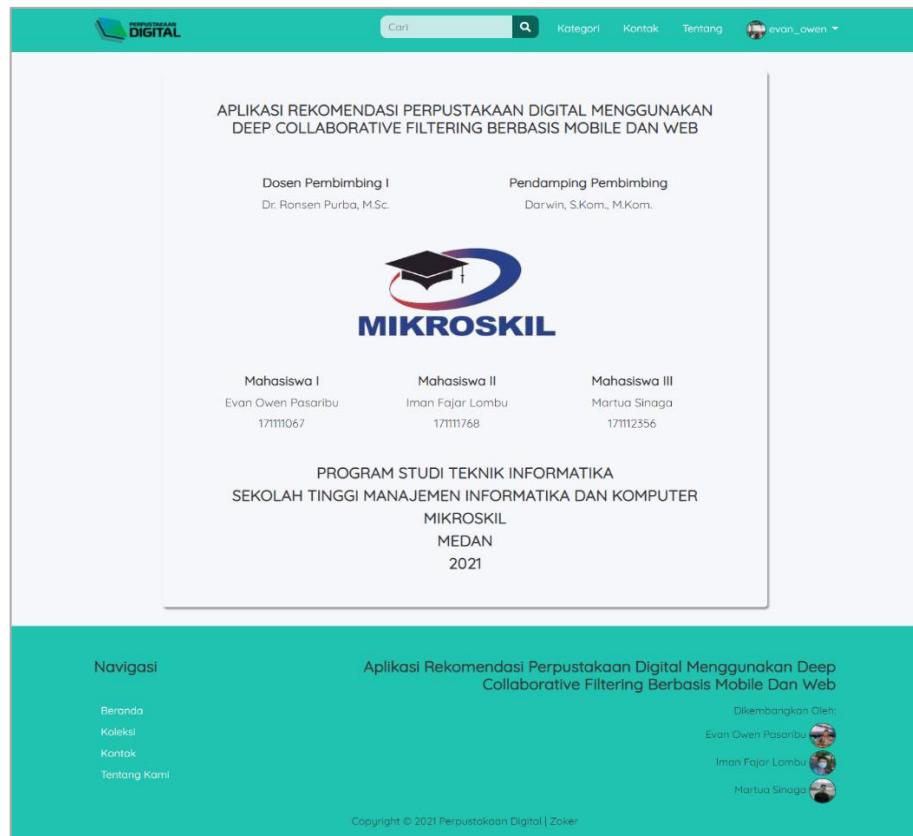
k. Halaman Kontak



Gambar 4.11 Tampilan Halaman Kontak

Halaman kontak merupakan halaman yang digunakan *user* untuk mengirim pesan berupa saran atau kritikan terhadap perpustakaan digital.

l. Halaman Tentang

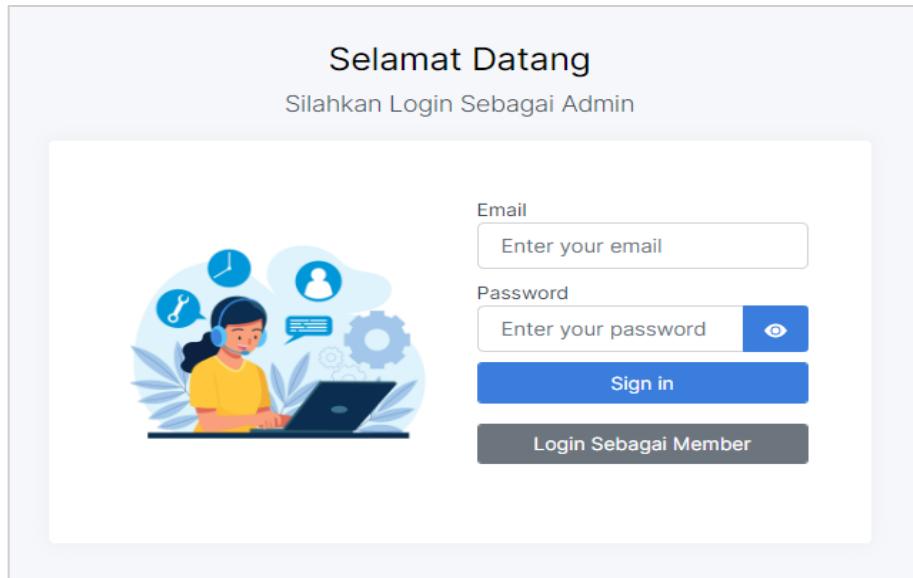


Gambar 4.12 Tampilan Halaman Tentang

Halaman tentang merupakan halaman yang digunakan *user* untuk melihat informasi tentang perpustakaan digital.

2. Admin

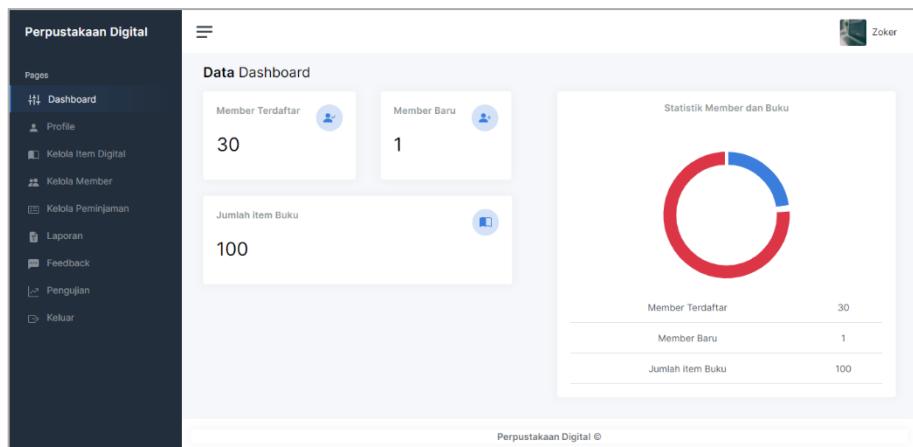
a. Halaman Login



Gambar 4.13 Tampilan Halaman Loign

Halaman *login* merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk masuk ke dalam *website* dengan hak akses penuh sebagai *admin*. *Admin* diwajibkan mengisi *email* dan *password* dengan benar agar dapat masuk ke halaman *dashboard* dan mendapat hak akses *admin*.

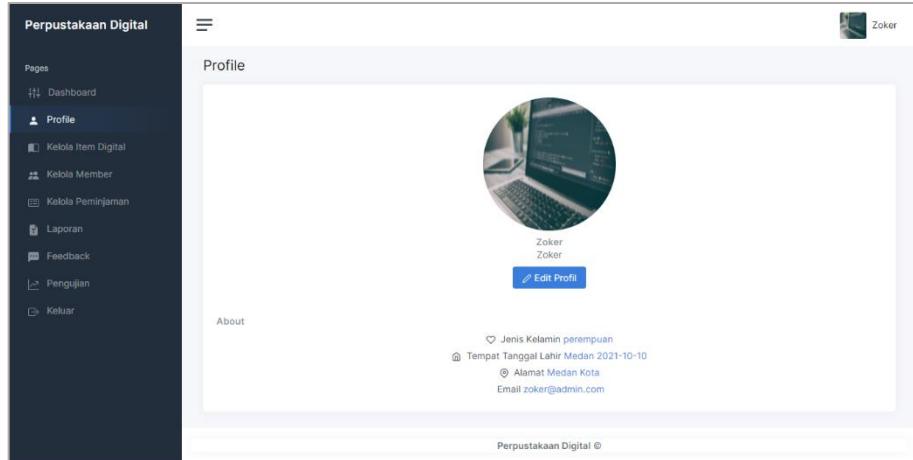
b. Halaman Dashboard



Gambar 4.14 Tampilan Halaman Dashboard

Halaman *dashboard* merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk melihat informasi umum yang terdapat di perpustakaan digital, seperti jumlah *member*, jumlah *item* digital dan statistik *member* dan *item* digital.

c. Halaman Profil



Gambar 4.15 Tampilan Halaman Profil

Halaman profil merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk melihat atau mengedit informasi data diri yang telah terdaftar di dalam sistem aplikasi.

d. Halaman Kelola *Item* Digital

No	ISBN	Judul Buku	Kategori	Penulis	Penerbit	Aksi
1	1558746218	A Second Chicken Soup for the Woman's Soul (Chicken Soup for the Soul Series)	nature	Jack Canfield	Health Communications	<button>Update</button>
2	0380715899	A Soldier of the Great War	nature	Mark Helprin	Avon Books	<button>Update</button>
3	0446525537	A Walk to Remember	nature	Nicholas Sparks	Warner Books	<button>Update</button>
4	0345402871	Airframe	actresses	Michael Crichton	Ballantine Books	<button>Update</button>
5	0380718332	All That Remains (Kay Scarpetta Mysteries (Paperback))	medical	Patricia D. Cornwell	Avon	<button>Update</button>

Gambar 4.16 Tampilan Halaman Kelola *Item* Digital

Halaman Kelola *item* digital merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk melihat, mencari, mengedit, ataupun menghapus daftar *item* digital yang telah terdaftar didalam sistem aplikasi.

e. Halaman Tambah *Item Digital*

The screenshot shows the 'Tambah Buku' (Add Book) page. On the left is a sidebar with navigation links: Pages, Dashboard, Profile, Kelola Item Digital, Kelola Member, Kelola Peminjaman, Laporan, Feedback, Pengujian, and Keluar. The main area has a title 'Tambah Buku' with a 'Kembali' (Back) button. It contains several input fields: ISBN, Judul Buku, Penulis, Penerbit, Kategori Buku, Tahun Terbit, and a 'Cover Buku' section with two file upload fields for 'Cover Buku' and 'File Buku'. There is also a 'Deskripsi Buku' text area. At the bottom is a 'Simpan' (Save) button.

Gambar 4.17 Tampilan Halaman Tambah *Item Digital*

Halaman tambah *item* digital merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk menambahkan *item* digital kedalam sistem aplikasi. *Admin* diwajibkan untuk mengisi *form* penambahan *item* digital dengan lengkap seperti ISBN, judul, penulis, penerbit, kategori, tahun terbit, deskripsi, gambar cover, dan *file* pdf *item* digital.

f. Halaman Kelola *Member*

The screenshot shows the 'Data Member' (Member Data) page. On the left is a sidebar with navigation links: Pages, Dashboard, Profile, Kelola Item Digital, Kelola Member, Kelola Peminjaman, Laporan, Feedback, Pengujian, and Keluar. The main area has a title 'Data Member' with a 'Verifyasi Member Baru' (Verify New Member) button and a search bar. Below is a table with columns: No, Username, Nama, Email, Alamat, and Status. The table contains five rows of data. At the bottom are navigation links for 'Previous', '1', '2', '3', '...', '6', and 'Next'.

Gambar 4.18 Tampilan Halaman Kelola *Member*

Halaman kelola *member* merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk melihat, mencari, membatalkan verifikasi dan menghapus daftar *member* yang telah terverifikasi.

g. Halaman Verifikasi *Member* Baru

The screenshot shows a web application interface titled 'Perpustakaan Digital'. On the left sidebar, under 'Pages', 'Kelola Member' is selected. The main content area is titled 'Data Member' and contains a table with one row. The columns are labeled 'No', 'Username', 'Nama', 'Email', 'Alamat', and 'Status'. The first row has values: No 1, Username user4, Nama User 4, Email user4@gmail.com, Alamat albacete, and Status [X] Unverified. Below the table are navigation buttons for 'Previous', '1', and 'Next'.

Gambar 4.19 Tampilan Halaman Verifikasi *Member* Baru

Halaman verifikasi *member* baru merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk melihat dan melakukan verifikasi terhadap *member* baru yang telah mendaftar ke dalam sistem aplikasi.

h. Halaman Kelola Peminjaman

The screenshot shows a web application interface titled 'Perpustakaan Digital'. On the left sidebar, under 'Pages', 'Kelola Peminjaman' is selected. The main content area is titled 'Data Peminjaman' and contains a table with ten rows of loan records. The columns are labeled 'No', 'ISBN Buku', 'Kode Peminjaman', 'Kode User', and 'Tanggal Pinjam'. Each row includes a timestamp at the end. At the top of the table, there are two buttons: 'Urutkan' and 'Urutkan Berdasarkan'. Below the table is a footer with the text 'Perpustakaan Digital ©'.

Gambar 4.20 Tampilan Halaman Kelola Peminjaman

Halaman kelola peminjaman merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk melihat, mencari, ataupun menyaring daftar peminjaman *item* digital di dalam sistem aplikasi.

i. Halaman Laporan

The screenshot shows a dark-themed administrative interface for 'Perpustakaan Digital'. On the left, a sidebar menu includes 'Dashboard', 'Profile', 'Kelola Item Digital', 'Kelola Member', 'Peminjaman', 'Laporan' (selected), 'Feedback', 'Pengujian', and 'Keluar'. The main content area is titled 'Data Laporan' and displays a table of borrowing records. The table has columns for No, Kode Peminjaman, ID User, ISBN Buku, and Tanggal. Each row contains a unique identifier and details about the borrowings. At the top of the table are buttons for 'Tampilkan' (View) and 'Cetak' (Print). The footer of the page reads 'Perpustakaan Digital ©'.

No	Kode Peminjaman	ID User	ISBN Buku	Tanggal
1	CDX92hKZBpYajBgqkIfc78DYSX2-0316769487	CDX92hKZBpYajBgqkIfc78DYSX2	0316769487	07/22/2021 16:36:48
2	CDX92hKZBpYajBgqkIfc78DYSX2-0684823802	CDX92hKZBpYajBgqkIfc78DYSX2	0684823802	07/22/2021 16:38:30
3	CDX92hKZBpYajBgqkIfc78DYSX2-0425098559	CDX92hKZBpYajBgqkIfc78DYSX2	0425098559	07/22/2021 16:39:55
4	CDX92hKZBpYajBgqkIfc78DYSX2-0505524996	CDX92hKZBpYajBgqkIfc78DYSX2	0505524996	07/22/2021 16:41:54
5	CDX92hKZBpYajBgqkIfc78DYSX2-0887841740	CDX92hKZBpYajBgqkIfc78DYSX2	0887841740	07/22/2021 16:43:19
6	JARGQKxmFjcspzQ1BguwHcDzOAjI-0425098559	JARGQKxmFjcspzQ1BguwHcDzOAjI	0425098559	07/22/2021 16:49:03
7	JARGQKxmFjcspzQ1BguwHcDzOAjI-0385336772	JARGQKxmFjcspzQ1BguwHcDzOAjI	0385336772	07/22/2021 16:51:10
8	JARGQKxmFjcspzQ1BguwHcDzOAjI-0061076031	JARGQKxmFjcspzQ1BguwHcDzOAjI	0061076031	07/22/2021 16:51:55
9	obUIEWJRViQBxdAfuOJUR4ZiY2-0505524996	obUIEWJRViQBxdAfuOJUR4ZiY2	0505524996	07/22/2021 18:57:13

Gambar 4.21 Tampilan Halaman Laporan

Halaman laporan merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk melihat atau mencetak laporan buku, *member*, dan peminjaman.

j. Halaman Feedback

The screenshot shows a dark-themed administrative interface for 'Perpustakaan Digital'. The sidebar menu is identical to the previous screenshot. The main content area is titled 'Data Member' and displays a table of feedback records. The table has columns for No, ID FeedBack, Nama, Email, and Pesan. Each row contains a unique identifier and details about the feedback. At the top of the table is a button for 'Export Pdf'. The footer of the page reads 'Perpustakaan Digital ©'.

No	ID FeedBack	Nama	Email	Pesan
1	89a9869f-3f42-e3af-e46e-a9bcf198bc9e	dasdas	dasdasd	dasdasdas
2	daab726d-b304-2438-e593-0e75ed2cd133	Evan Owen	evanowen022@gmail.com	Mantap kali bahan
3	ec6941b9-c7b2-996f-dbf3-dc9df3f3f5630	dasdas	dasdasd	dasdasdas

Gambar 4.22 Tampilan Halaman Feedback

Halaman feedback merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk melihat *feedback* dari user yang menggunakan perpustakaan digital.

k. Halaman Pengujian

No	Tanggal Pengujian	Jenis Pengujian	Hasil	Lihat Proses
1	7/21/2021, 4:43:14 PM	MAE	0.447	<input checked="" type="checkbox"/> Lihat Proses
2	7/21/2021, 4:49:31 PM	RMSE	0.449	<input checked="" type="checkbox"/> Lihat Proses
3	7/21/2021, 6:10:03 PM	MAE	0.401	<input checked="" type="checkbox"/> Lihat Proses
4	7/21/2021, 6:11:50 PM	RMSE	0.602	<input checked="" type="checkbox"/> Lihat Proses
5	7/22/2021, 18:46:59	MAE	0.271	<input checked="" type="checkbox"/> Lihat Proses

Gambar 4.23 Tampilan Halaman Pengujian

Halaman pengujian merupakan halaman yang digunakan *admin* untuk melakukan pengujian terhadap algoritma *deep collaborative filtering* dengan menggunakan metode pengujian MAE atau RMSE

4.1.2 Mobile

a. Halaman Login

Gambar 4.24 Tampilan Halaman *Login*

Halaman *login* merupakan halaman yang pertama kali dilihat oleh *user* ketika masuk kedalam aplikasi mobile. Agar dapat mengakses aplikasi mobile lebih lanjut, *user* wajib melakukan *login* terlebih dahulu untuk mendapat hak akses sebagai *member*. *User* perlu mengisi *email* dan *password* yang telah terdaftar dengan benar untuk mendapat hak akses *member*.

b. Halaman Registrasi

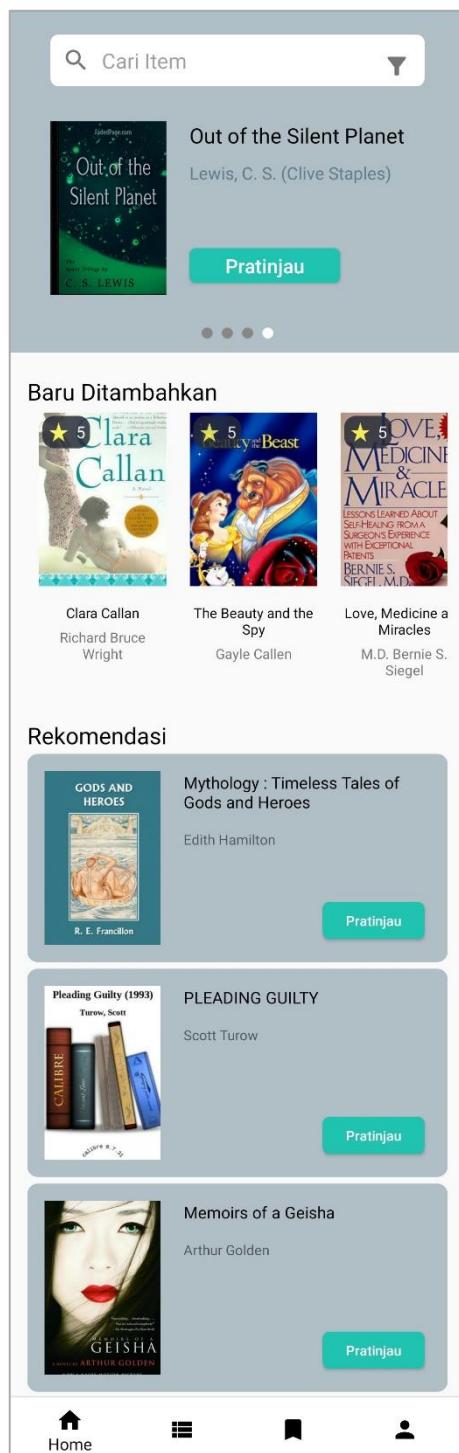
The screenshot shows a registration form titled 'Register'. The fields include: 'Nama Lengkap', 'Username', a dropdown menu for 'Jenis Kelamin', 'Tempat Lahir', a date input field with a calendar icon, 'Negara', 'Provinsi', 'Kota', 'Alamat', 'Email', 'Password' (with a visibility icon), and 'Konfirmasi Password' (with a visibility icon). A large green 'Daftar' button is at the bottom.

Gambar 4.25 Tampilan Halaman *Registrasi*

Halaman *registrasi* merupakan halaman yang digunakan *user* untuk mendaftar ke dalam *aplikasi* untuk mendapatkan hak akses sebagai *member*. *User* perlu mengisi *form* pendaftaran dengan lengkap seperti nama depan, nama belakang, *username*, jenis kelamin, tempat lahir, tanggal lahir, agama, hobi, negara, provinsi, kota, alamat, *email*, *password* dan konfirmasi *password*. Setelah mengisi dan mengirim *form* pendaftaran *admin* akan melakukan verifikasi

terlebih dahulu terhadap informasi data tersebut sebelum dapat digunakan, untuk *login* ke dalam website.

c. Halaman Home



Gambar 4.26 Tampilan Halaman Home

Halaman *home* merupakan halaman yang pertama kali dilihat oleh *member* setelah melakukan *login* pada aplikasi. Pada halaman *home* terdapat terdapat *item* populer, *item* baru dan rekomendasi *item* berdasarkan algoritma *deep collaborative filtering*. Pada bagian bawah aplikasi terdapat navigasi untuk ke halaman koleksi *item*, *item* terpinjam dan profil.

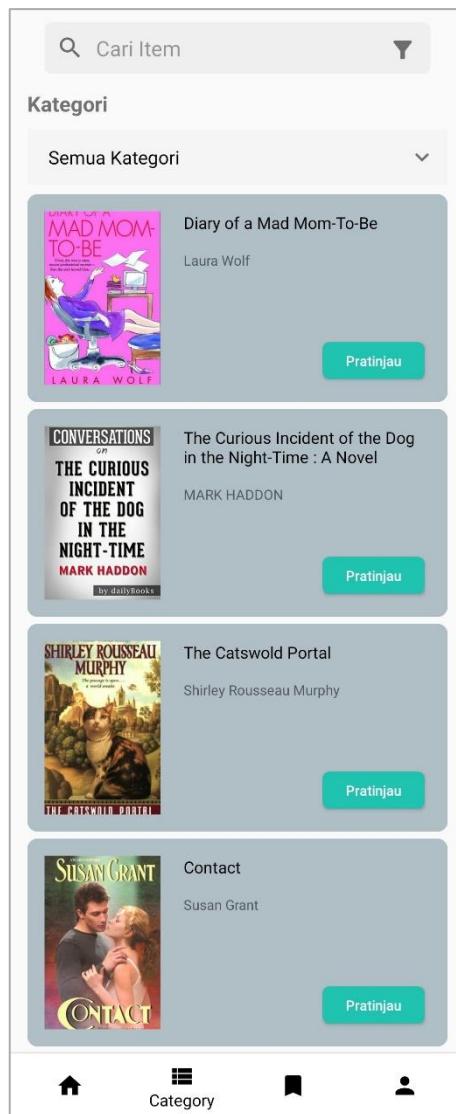
d. Halaman Profil



Gambar 4.27 Tampilan Halaman Profil

Halaman profil merupakan halaman yang digunakan oleh *member* untuk melihat atau mengedit informasi data diri yang telah terdaftar di dalam sistem aplikasi.

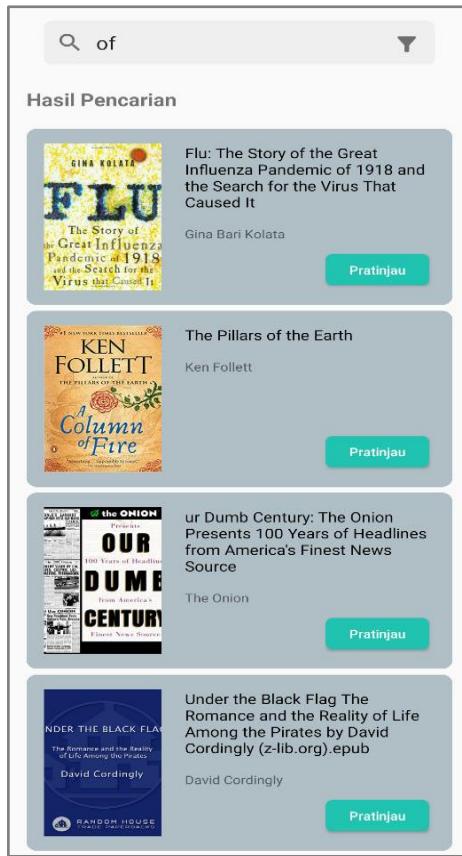
e. Halaman Kategori



Gambar 4.28 Tampilan Halaman Kategori

Halaman kategori merupakan halaman yang digunakan oleh *member* untuk melihat dan menyaring daftar koleksi *item* berdasarkan kategori *item* yang telah di pilih.

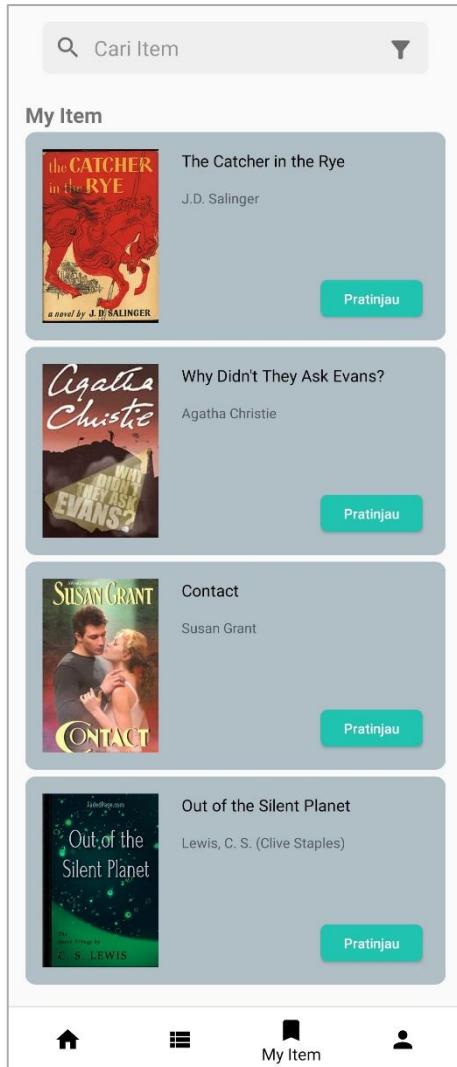
f. Halaman Pencarian



Gambar 4.29 Tampilan Halaman Pencarian

Halaman pencarian merupakan halaman yang menampilkan hasil pencarian terhadap suatu *item* bedasarkan judul *item* di kotak pencarian. Pada halaman pencarian terdapat juga pencarian lanjutan terhadap *item* bedasarkan judul, isbn, ataupun penulis *item*.

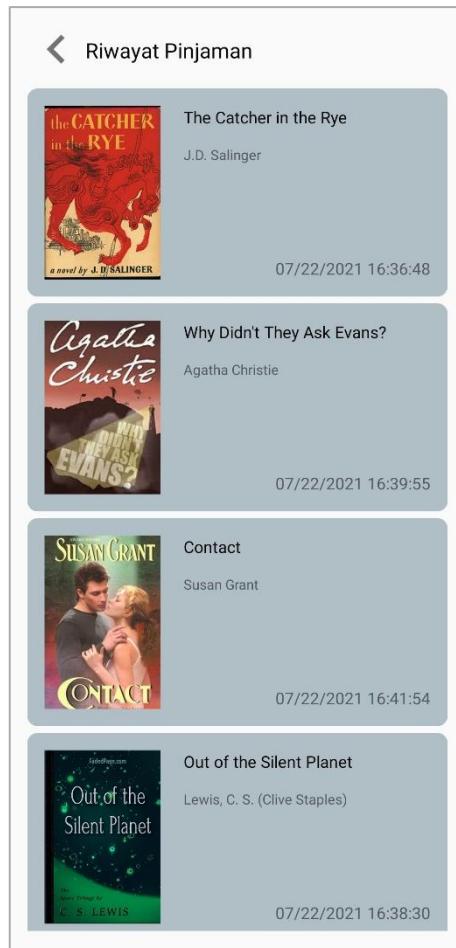
g. Halaman *Item* Terpinjam



Gambar 4.30 Tampilan Halaman Buku Terpinjam

Halaman buku terpinjam merupakan halaman yang digunakan *member* untuk melihat daftar *item* yang masih dalam jangka waktu peminjaman.

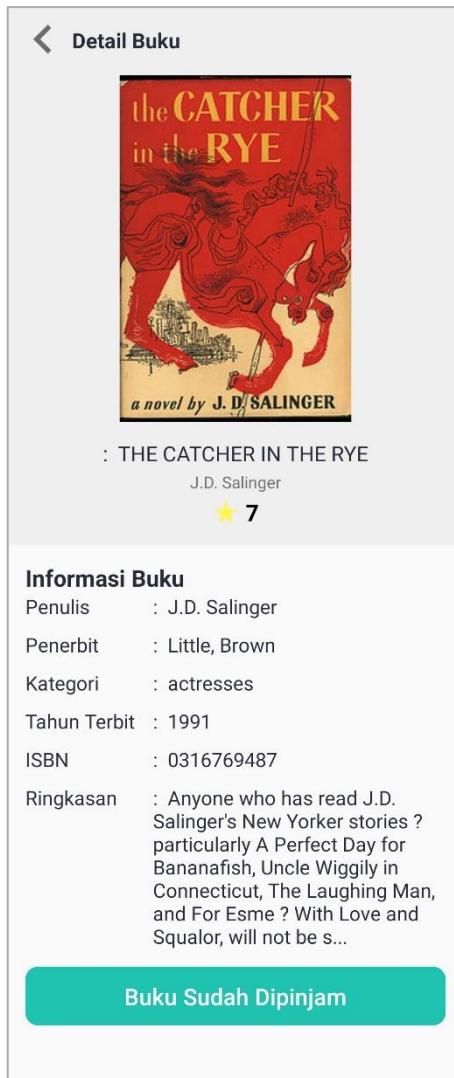
h. Halaman Riwayat Peminjaman



Gambar 4.31 Tampilan Halaman Riwayat Peminjaman

Halaman riwayat peminjaman merupakan halaman yang digunakan *member* untuk melihat daftar semua riwayat peminjaman *item*.

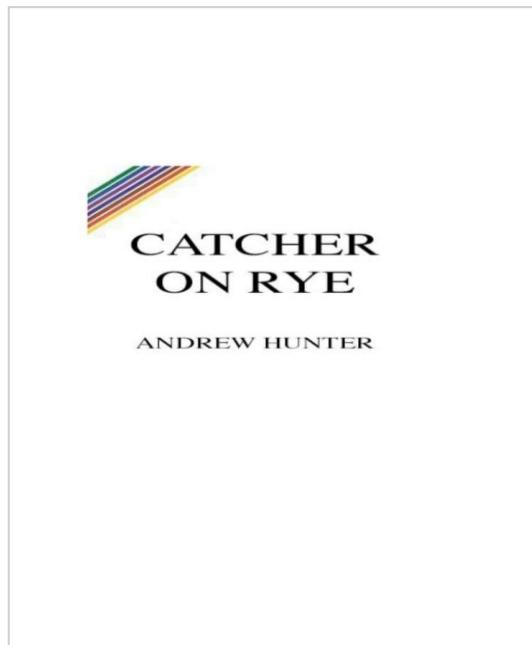
i. Halaman Detail *Item*



Gambar 4.32 Tampilan Halaman Detail *Item*

Halaman detail *item* merupakan halaman yang digunakan *member* untuk melihat rincian *item* seperti cover, *rating*, judul, kategori, penulis, penerbit, tahun terbit, ISBN, dan ringkasan *item*. Dihalaman ini *Member* dapat melakukan peminjaman *item*, membaca *item*, dan memberi *feedback* berupa *rating* dan ulasan terhadap *item* yang telah dipinjam.

j. Halaman Baca *Item*



Gambar 4.33 Tampilan Halaman Baca *Item*

Halaman baca *item* merupakan halaman yang digunakan *member* untuk membaca *item* digital yang telah di pinjam terlebih dahulu.

k. Halaman Kontak

A screenshot of a contact form titled 'Kontak'. The form has a light gray background with three input fields: 'Nama Anda' (Name), 'Email Anda' (Email), and 'Pesan Anda' (Message). Each field is preceded by a label and followed by a text input box. At the bottom of the form is a large green button labeled 'KIRIM' (Send).

Gambar 4.34 Tampilan Halaman Kontak

Halaman kontak merupakan halaman yang digunakan *member* untuk mengirim pesan berupa saran atau kritikan terhadap perpustakaan digital.

1. Halaman Tentang



Gambar 4.35 Tampilan Halaman Tentang

Halaman tentang merupakan halaman yang digunakan *member* untuk melihat informasi tentang perpustakaan digital.

4.2 Pengujian

Pada bagian ini akan ditampilkan hasil pengujian terhadap program dengan menggunakan algoritma *Deep Collaborative Filtering* yang terdiri atas 2 (dua) bagian, yaitu pengujian keakuratan hasil rekomendasi, dan pengujian perangkat lunak dengan *Black Box Testing*.

4.2.1 Black Box Testing

Pengujian pada tahap ini adalah melakukan pengujian pada desain aplikasi berberbasis *mobile* dan *website* dengan menggunakan metode *Black Box testing*.

1. Pengujian Halaman *Guest*

Tabel 4.1 Pengujian Halaman *Guest*

No.	Persyaratan yang diuji	Skenario uji	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian
1.	Beranda	Masuk kedalam halaman beranda	Halaman beranda tampil	Sesuai
2.	Tentang	Masuk kedalam halaman tentang	Halaman tentang tampil	Sesuai
3.	Klasifikasi	Masuk kedalam halaman klasifikasi	Halaman klasifikasi tampil	Sesuai
4.	Kontak	Masuk kedalam halaman kontak	Halaman kontak tampil	Sesuai
5.	Masuk <i>member</i>	Mengisi halaman dengan <i>email member</i> dan <i>password</i> Jika berhasil 2. Jika gagal	1. Halaman beranda <i>member</i> tampil 2. Tampil peringatan pada setiap kesalahan	Sesuai
6.	Identifikasi <i>member</i>	Menampilkan halaman identifikasi	Halaman identifikasi tampil	Sesuai
7.	Daftar	Mengisi halaman daftar <i>guest</i> dengan nama lengkap, nama <i>guest</i> , <i>email</i> , <i>password</i> , ulangi <i>password</i> , serta meng-klik <i>button</i> daftar Jika berhasil Jika gagal	Halaman pendaftaran berhasil lalu mengalihkan <i>guest</i> ke halaman login 2. Tampil peringatan pada setiap kesalahan	Sesuai
8.	Verifikasi <i>member</i>	Masuk halaman login dan mengisi <i>email</i> dan	Verifikasi <i>member</i> berhasil dan mengalihkan <i>member</i>	sesuai

		<p><i>password</i></p> <p>Jika berhasil</p> <p>Jika gagal</p>	<p>ke halaman beranda</p> <p>Tampil peringatan <i>member</i> belum diverifikasi <i>admin</i></p>	
9.	Cari klasifikasi <i>item</i>	<p>Memilih klasifikasi <i>item</i> yang tersedia</p> <p>Jika berhasil</p> <p>Jika gagal</p>	<p>Hasil pencarian <i>item</i> berdasarkan penulis yang dipilih tampil</p> <p><i>Item</i> tidak tampil</p>	Sesuai
10.	Cari Penulis <i>item</i>	<p>Memilih penulis <i>item</i> yang tersedia</p> <p>Jika berhasil</p> <p>Jika gagal</p>	<p>Hasil pencarian <i>item</i> berdasarkan penulis yang dipilih akan tampil</p> <p><i>Item</i> tidak tampil</p>	Sesuai
11.	Cari <i>item</i>	<p>Mencari <i>item</i> sesuai dengan kata kunci yang di ketikkan</p> <p>Jika berhasil</p> <p>Jika gagal</p>	<p><i>Item</i> yang dicari berdasarkan kata kunci tampil</p> <p><i>Item</i> tidak tampil</p>	Sesuai
12.	Lihat semua <i>item</i>	Menampilkan semua <i>item</i> berdasarkan hasil pencarian	Semua <i>item</i> akan tampil berdasarkan pencarian	Sesuai
13.	Lihat rincian <i>item</i>	Menampilkan semua klasifikasi <i>item</i> yang ada	Semua klasifikasi <i>item</i> yang dipilih tampil	Sesuai
14.	Lihat semua klasifikasi	Menampilkan semua klasifikasi item yang ada	Semua klasifikasi <i>item</i> yang ada tampil	Sesuai

15.	Lebih banyak <i>item</i>	Menampilkan lebih banyak <i>item</i> yang baru ditambahkan	Lebih banyak <i>item</i> yang baru ditambahkan ditampilkan	Sesuai
16.	Feedback	Masuk kedalam halaman Feedback	Halaman Feedback tampil	Sesuai

2. Pengujian halaman *member* yang belum memberikan *rating*

Tabel 4.2 Pengujian halaman *member* yang belum memberikan *rating*

No.	Persyaratan yang diuji	Skenario uji	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian
1.	Beranda	Masuk kedalam halaman beranda	Halaman beranda tampil	Sesuai
2.	Tentang	Masuk kedalam halaman tentang	Halaman tentang tampil	Sesuai
3.	Klasifikasi	Masuk kedalam halaman klasifikasi	Halaman klasifikasi tampil	Sesuai
4.	Kontak	Masuk kedalam halaman kontak	Halaman kontak tampil	Sesuai
5.	Cari klasifikasi <i>item</i>	Memilih klasifikasi <i>item</i> yang tersedia Jika berhasil Jika gagal	Hasil pencarian <i>item</i> berdasarkan penulis yang dipilih tampil <i>Item</i> tidak tampil	Sesuai
6,	Cari Penulis <i>item</i>	Memilih penulis <i>item</i> yang tersedia Jika berhasil Jika gagal	Hasil pencarian <i>item</i> berdasarkan penulis yang dipilih akan tampil <i>Item</i> tidak tampil	Sesuai

7.	Cari <i>item</i>	Mencari <i>item</i> sesuai dengan kata kunci yang diketikkan Jika berhasil Jika gagal	<i>Item</i> yang dicari berdasarkan kata kunci tampil <i>Item</i> tidak tampil	Sesuai
8.	Lihat semua <i>item</i>	Menampilkan semua <i>item</i> berdasarkan hasil pencarian	Semua <i>item</i> akan tampil berdasarkan pencarian	Sesuai
9.	Lihat rincian <i>item</i>	Menampilkan rincian sebuah <i>item</i> yang dipilih	Rincian <i>item</i> yang dipilih tampil	Sesuai
10.	Lihat semua klasifikasi	Menampilkan semua klasifikasi <i>item</i> yang ada	Semua klasifikasi <i>item</i> yang ada tampil	Sesuai
11.	Lebih banyak <i>item</i>	Menampilkan <i>item</i> yang ada berdasarkan <i>item</i> yang baru ditambahkan	Lebih banyak <i>item</i> yang baru ditambahkan tampil	Sesuai
12.	Pinjam <i>item</i>	Melakukan peminjaman <i>item</i> dengan meng-klik button pinjam <i>item</i>	<i>Item</i> yang sedang dipinjam tampil dalam daftar <i>item</i> yang dipinjam	Sesuai
13.	Feedback	Masuk kedalam halaman Feedback	Halaman Feedback tampil	Sesuai

3. Pengujian halaman *member* yang telah memberikan *rating*

Tabel 4.3 Pengujian halaman *member* yang telah memberikan *rating*

No.	Persyaratan yang diuji	Skenario uji	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian
1.	Beranda	Masuk kedalam halaman beranda	Halaman beranda tampil	Sesuai
2.	Tentang	Masuk kedalam halaman tentang	Halaman tentang tampil	Sesuai

3.	Klasifikasi	Masuk kedalam halaman klasifikasi	Halaman klasifikasi tampil	Sesuai
4.	Kontak	Masuk kedalam halaman kontak	Halaman kontak tampil	Sesuai
5.	Cari klasifikasi <i>item</i>	Memilih klasifikasi <i>item</i> yang tersedia Jika berhasil Jika gagal	Hasil pencarian <i>item</i> berdasarkan penulis yang dipilih tampil <i>Item</i> tidak tampil	Sesuai
6.	Cari Penulis <i>item</i>	Memilih penulis item yang tersedia Jika berhasil Jika gagal	Hasil pencarian <i>item</i> berdasarkan penulis yang dipilih akan tampil <i>Item</i> tidak tampil	Sesuai
7.	Cari <i>item</i>	Mencari <i>item</i> sesuai dengan kata kunci yang diketikkan Jika berhasil Jika gagal	<i>Item</i> yang dicari berdasarkan kata kunci tampil <i>Item</i> tidak tampil	Sesuai
8.	Lihat semua <i>item</i>	Menampilkan semua <i>item</i> berdasarkan hasil pencarian	Semua <i>item</i> akan tampil berdasarkan pencarian	Sesuai
9.	Lihat rincian <i>item</i>	Menampilkan rincian sebuah <i>item</i> yang dipilih	Rincian <i>item</i> yang dipilih tampil	Sesuai
10.	Lihat semua klasifikasi	Menampilkan semua klasifikasi <i>item</i> yang ada	Semua klasifikasi <i>item</i> yang ada tampil	Sesuai

11.	Lebih banyak <i>item</i>	Menampilkan <i>item</i> yang ada berdasarkan <i>item</i> yang baru ditambahkan	Lebih banyak <i>item</i> yang baru ditambahkan tampil	Sesuai
12.	Pinjam <i>item</i>	Melakukan peminjaman <i>item</i> dengan meng-klik button pinjam <i>item</i>	<i>Item</i> yang sedang dipinjam tampil dalam daftar <i>item</i> yang dipinjam	Sesuai
13.	Baca <i>item</i>	Menampilkan bacaan <i>item</i> yang sedang dipinjam	Bacaan <i>item</i> yang sedang dipinjam tampil	Sesuai
14.	Feedback	Masuk kedalam halaman Feedback	Halaman Feedback tampil	Sesuai
15.	Keluar	Menampilkan halaman beranda <i>guest</i> setelah <i>member</i> keluar	Beranda <i>guest</i> tampil	Sesuai

4. Pengujian halaman *board member* yang telah meminjam *item* namun belum memberikan rating

Tabel 4.4 Pengujian halaman *board member* yang telah meminjam *item* namun belum memberikan rating

No.	Persyaratan yang diuji	Skenario uji	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian
1.	<i>Board</i>	Menampilkan halaman <i>board member</i>	Halaman <i>board member</i> tampil	Sesuai
2.	Profil	Menampilkan dan mengisi halaman profil dengan nama lengkap, <i>username</i> , dan <i>email</i> Jika berhasil Jika gagal	Halaman selanjutnya untuk melakukan pengisian data diri lebih lanjut tampil Halaman tentang profil tidak tampil	Sesuai
3.	Beranda	Masuk kedalam halaman beranda	Halaman beranda tampil	Sesuai

4.	Feedback	Masuk kedalam halaman Feedback	Halaman Feedback tampil	Sesuai
5.	Keluar	Menampilkan halaman beranda <i>guest</i> setelah <i>member</i> keluar	Halaman beranda <i>guest</i> tampil	Sesuai

5. Pengujian halaman *board member* yang telah meminjam *item* dan telah memberikan *rating*

Tabel 4.5 Pengujian halaman *board member* yang telah meminjam *item* dan telah memberikan *rating*

No.	Persyaratan yang diuji	Skenario uji	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian
1.	<i>Board</i>	Menampilkan halaman <i>board member</i>	Halaman <i>board member</i> tampil	Sesuai
2.	<i>Item</i> yang dipinjam	Menampilkan daftar <i>item</i> yang sedang dipinjam	Daftar <i>item</i> yang sedang dipinjam tampil	Sesuai
3.	Baca <i>item</i>	Menampilkan bacaan <i>item</i> yang sedang dipinjam	Bacaan <i>item</i> yang sedang dipinjam tampil	Sesuai
4.	Informasi <i>item</i>	Menampilkan halaman informasi <i>item</i> yang sedang dipinjam	Halaman informasi <i>item</i> yang sedang dipinjam tampil	Sesuai
5.	Beri ulasan <i>item</i>	Menampilkan halaman ulasan <i>item</i>	Halaman ulasan <i>item</i> tampil	Sesuai
6.	Riwayat peminjaman <i>item</i>	Menampilkan halaman riwayat peminjaman <i>item</i>	Halaman riwayat peminjaman <i>item</i> tampil	Sesuai
7.	Profil	Menampilkan dan melengkapi profil dengan data <i>user</i> Jika berhasil Jika gagal	Halaman selanjutnya untuk melakukan pengisian data diri lebih lanjut tampil Halaman tentang profil tidak tampil	Sesuai

8.	Feedback	Masuk kedalam halaman Feedback	Halaman Feedback tampil	Sesuai
9.	Keluar	Menampilkan halaman beranda <i>guest</i> setelah <i>member</i> keluar	Beranda <i>user</i> tampil	Sesuai

6. Pengujian halaman *board member* yang telah meminjam *item* dan telah memberikan *rating*

Tabel 4.6 Pengujian halaman *board member* yang telah meminjam *item* dan telah memberikan *rating*

No.	Persyaratan yang diuji	Skenario uji	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian
1.	<i>Board</i>	Menampilkan halaman <i>board member</i>	Halaman <i>board member</i> tampil	Sesuai
2.	<i>Item</i> yang dipinjam	Menampilkan daftar <i>item</i> yang sedang dipinjam	Daftar <i>item</i> yang sedang dipinjam tampil	Sesuai
3.	Baca <i>item</i>	Menampilkan bacaan <i>item</i> yang sedang dipinjam	Bacaan <i>item</i> yang sedang dipinjam tampil	Sesuai
4.	Informasi <i>item</i>	Menampilkan halaman informasi <i>item</i> yang sedang dipinjam	Halaman informasi <i>item</i> yang sedang dipinjam tampil	Sesuai
5.	Beri ulasan <i>item</i>	Menampilkan halaman ulasan <i>item</i>	Halaman ulasan <i>item</i> tampil	Sesuai
6.	Riwayat peminjaman <i>item</i>	Menampilkan halaman riwayat peminjaman <i>item</i>	Halaman riwayat peminjaman <i>item</i> tampil	Sesuai
7.	Profil	Menampilkan dan melengkapi profil dengan data <i>user</i> Jika berhasil Jika gagal	Halaman selanjutnya untuk melakukan pengisian data diri lebih lanjut tampil Halaman tentang profil tidak tampil	Sesuai

8.	Keluar	Menampilkan halaman beranda <i>guest</i> setelah <i>member</i> keluar	Beranda <i>user</i> tampil	Sesuai
----	--------	---	----------------------------	--------

7. Pengujian halaman *board admin*

Tabel 4.7 Pengujian halaman *board admin*

No.	Persyaratan yang diuji	Skenario uji	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian
1.	Masuk <i>admin</i>	Mengisi <i>email</i> dan <i>password admin</i> Jika berhasil Jika gagal	Halaman <i>dashboard admin</i> tampil Tampil peringatan pada setiap kesalahan	Sesuai
2.	<i>Dashboard</i>	Menampilkan halaman <i>dashboard admin</i>	Halaman <i>dashboard admin</i> tampil	Sesuai
3.	Profil <i>admin</i>	Menampilkan halaman identitas <i>admin</i>	Halaman identitas <i>admin</i> tampil	sesuai
4.	Edit profil <i>admin</i>	Menampilkan halaman edit profil <i>admin</i>	Halaman edit profil <i>admin</i> tampil dan data yang diubah akan ditambahkan kedalam <i>database</i>	sesuai
5.	Daftar <i>item</i>	Menampilkan halaman daftar <i>item</i>	Halaman daftar <i>item</i> tampil	Sesuai
6.	Tambah <i>item</i>	Menampilkan halaman tambah <i>item</i>	Halaman tambah <i>item</i> tampil dan data <i>item</i> ditambahkan kedalam <i>database</i>	Sesuai
7.	Cari <i>item</i>	Mengisi <i>form</i> pencarian dengan judul buku Jika berhasil	Data buku yang dicari tampil Data buku tidak tampil	Sesuai

		Jika gagal		
8.	update data <i>item</i>	Menampilkan halaman ubah data <i>item</i>	Halaman ubah data <i>item</i> tampil dan pengubahan data <i>item</i> tersimpan di <i>database</i>	Sesuai
9.	Hapus data <i>item</i>	Menampilkan halaman hapus data <i>item</i>	Halaman hapus data <i>item</i> tampil dan data <i>item</i> terhapus dari <i>database</i>	Sesuai
10.	Daftar <i>member</i>	Menampilkan halaman daftar <i>member</i>	Halaman daftar <i>member</i> tampil	Sesuai
11.	Cari <i>member</i>	Mengisi <i>form</i> pencarian dengan nama <i>member</i> Jika berhasil Jika gagal	Data <i>member</i> yang dicari tampil Data <i>member</i> tidak tampil	Sesuai
12.	Verifikasi <i>member</i> baru	Menampilkan halaman data <i>member</i> baru	Halaman data <i>member</i> baru tampil dan	Sesuai
13.	Hapus <i>member</i>	Menampilkan <i>Pop-up</i> hapus <i>member</i>	Halaman hapus <i>member</i> tampil dan <i>member</i> terpilih terhapus dari <i>database</i>	Sesuai
14.	Disetujui	Menampilkan halaman persetujuan identitas <i>member</i>	Halaman perubahan daftar <i>member</i> tampil dan identitas <i>member</i> di <i>database</i> disetujui	Sesuai
15.	Ditolak	Menampilkan halaman penolakan identitas <i>member</i>	Halaman daftar <i>member</i> tidak berubah dan <i>email</i> dan <i>password</i> <i>member</i> tidak terdaftar	Sesuai
16.	Kelola peminjaman	Menampilkan halaman peminjaman <i>item</i>	Halaman laporan peminjaman <i>item</i> tampil	Sesuai

17.	Filter laporan peminjaman	Menampilkan halaman	Menampilkan halaman filter laporan peminjaman <i>item</i>	Sesuai
18.	Cari peminjaman	Mengisi <i>form</i> pencarian dengan kode ISBN buku Jika berhasil Jika gagal	Data ISBN yang dicari tampil Data ISBN tidak tampil	Sesuai
19.	Laporan buku	Menampilkan halaman laporan buku	Halaman laporan buku tampil	Sesuai
20.	Laporan <i>member</i>	Menampilkan halaman laporan <i>member</i>	Halaman laporan <i>member</i> tampil	Sesuai
21.	Laporan Peminjaman	Menampilkan halaman laporan peminjaman	Halaman laporan peminjaman tampil	Sesuai
22.	Cari laporan buku	Mengisi <i>form</i> pencarian berdasarkan ISBN buku Jika berhasil Jika gagal	Data laporan buku yang dicari tampil Data laporan buku tidak tampil	Sesuai
23.	Cari laporan <i>member</i>	Mengisi <i>form</i> pencarian berdasarkan nama <i>member</i> Jika berhasil Jika gagal	Data laporan <i>member</i> yang dicari tampil Data laporan <i>member</i> tidak tampil	Sesuai
24	Cari peminjaman	Mengisi <i>form</i> pencarian berdasarkan ISBN buku Jika berhasil	Data laporan Peminjaman yang dicari tampil Data laporan tidak tampil	Sesuai

		Jika gagal		
25.	Cetak PDF laporan buku	Mencetak laporan buku	Laporan buku tercetak dan dapat diunduh	Sesuai
26.	Cetak PDF laporan <i>member</i>	Mencetak laporan <i>member</i>	Laporan <i>member</i> tercetak dan dapat diunduh	Sesuai
27.	Cetak PDF laporan peminjaman	Mencetak laporan peminjaman	Laporan peminjaman tercetak dan dapat diunduh	Sesuai
28.	Feedback	Menampilkan halaman kotak <i>feedback</i>	Halaman kotak feedback tampil	Sesuai
29.	Cari Feedback	Mengisi <i>form</i> pencarian berdasarkan id <i>User</i> Jika berhasil Jika gagal	Data laporan feedback yang dicari tampil Data feedback tidak tampil	Sesuai
29.	Cetak Pdf feedback	Mencetak feedback <i>member</i>	feedback <i>member</i> tercetak dan dapat diunduh	Sesuai
30.	Pesan Feedback	Menampilkan pesan feedback	Menampilkan pop-up pesan feedback	sesuai
31.	Pengujian MAE	Menampilkan halaman pengujian MAE	Halaman pengujian MAE tampil	Sesuai
32.	Pengujian RMSE	Menampilkan halaman pengujian RMSE	Halaman pengujian RMSE tampil	Sesuai
33.	Lihat proses pengujian MAE	Menampilkan halaman proses pengujian MAE	Halaman proses pengujian MAE tampil	Sesuai

34.	Lihat proses pengujian RMSE	Menampilkan halaman proses pengujian RMSE	Halaman proses pengujian RMSE tampil	Sesuai
35.	Keluar	Menampilkan halaman login <i>admin</i> setelah <i>admin</i> keluar	Beranda <i>admin</i> tampil	sesuai

4.2.2 Pengujian Keakuratan Hasil Rekomendasi

Rekomendasi yang diberikan oleh sistem dipengaruhi oleh nilai *rating* yang diberikan oleh *user* terhadap sebuah *item* dan juga berdasarkan profil *user* dan *item*. Untuk dapat melihat sejauh mana keakuratan rekomendasi yang diberikan, maka perlu dilakukan pengujian terhadap nilai prediksi yang dihasilkan. Pengujian menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk menghitung rata-rata *error* dari nilai prediksi yang dihasilkan.

Pengujian pertama dengan jumlah *user* dan *item* seperti dibawah:

Jumlah *user* : 30

Jumlah *item* : 100

Jumlah data *rating* kosong : 2951

Total data : 3000

Tabel 4.8 Matriks Rating Pengujian 1

#	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	..	i100
u1	06.00	00.00	05.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u2	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u3	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u4	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u5	03.00	04.00	04.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u6	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u7	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u8	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u9	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u10	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u11	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u12	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u13	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u14	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u15	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u16	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00

u17	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u18	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u19	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u20	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u21	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u22	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u23	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u24	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u25	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u26	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u27	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u28	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u29	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u30	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00

Tabel 4.9 Matriks Prediksi Rating Pengujian 1

#	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	..	i100
u1	6.04	6.19	5.46	5.49	5.03	5.38	5.61	5.74	5.89	5.79	..	5.18
u2	5.57	5.72	4.00	5.34	6.72	7.04	6.91	2.84	5.49	6.15	..	6.45
u3	4.99	5.84	5.01	6.32	5.86	5.96	5.66	5.68	3.45	4.43	..	4.36
u4	6.14	5.74	6.69	6.72	3.86	4.05	3.84	8.58	6.18	6.42	..	4.32
u5	5.67	5.90	5.67	6.17	5.17	4.85	5.55	6.22	4.55	4.62	..	4.41
u6	4.61	5.39	5.22	5.34	5.81	6.93	4.70	5.96	5.03	6.09	..	5.67
u7	5.10	5.52	5.01	5.26	6.35	5.87	6.53	4.23	4.21	4.07	..	5.42
u8	4.03	4.99	5.50	7.20	5.83	6.10	4.20	7.37	2.57	4.60	..	3.95
u9	5.50	6.06	4.90	6.59	5.26	6.47	4.79	6.33	5.16	6.87	..	4.86
u10	5.68	5.37	6.03	5.75	5.33	4.39	5.73	5.85	5.07	4.39	..	5.01
u11	5.25	6.00	5.07	5.69	5.72	6.00	5.80	5.40	4.28	4.76	..	4.81
u12	5.56	6.08	5.11	6.59	5.86	4.69	6.79	5.04	2.81	2.87	..	3.73
u13	4.70	5.33	5.44	6.77	5.78	5.54	5.11	6.46	3.13	4.24	..	4.15
u14	4.83	5.60	4.16	6.31	6.32	7.70	5.24	4.91	4.69	6.94	..	5.65
u15	6.21	5.93	5.41	5.38	5.61	4.57	6.89	4.38	5.31	4.25	..	5.25
u16	5.70	5.63	5.80	5.51	5.12	5.26	5.18	6.11	5.91	5.79	..	5.41
u17	6.64	6.63	5.24	5.10	4.85	5.46	6.00	5.16	6.89	6.47	..	5.57
u18	5.92	6.14	6.37	5.17	4.75	3.92	5.89	6.40	4.81	3.38	..	4.29
u19	5.55	6.33	4.74	5.78	5.52	6.55	5.59	5.38	5.06	6.05	..	5.06
u20	5.62	5.66	6.24	6.31	5.31	3.33	6.35	6.14	3.13	2.04	..	3.57
u21	4.79	6.55	4.89	4.49	5.40	7.70	4.81	6.03	5.13	6.15	..	5.33
u22	4.70	5.43	5.18	5.87	6.20	5.85	5.90	5.25	3.31	3.78	..	4.71
u23	6.69	6.19	5.04	4.77	5.13	6.03	5.90	4.48	8.18	7.87	..	6.76
u24	5.62	6.25	5.68	4.67	5.13	5.48	5.70	5.76	5.41	4.75	..	5.12
u25	5.41	6.59	3.32	5.30	6.57	8.41	6.55	3.13	5.21	6.98	..	6.07

u26	5.47	7.01	5.43	3.77	4.23	7.77	3.69	7.27	7.63	8.37	..	5.98
u27	5.75	6.19	5.43	6.01	5.30	4.94	6.03	5.74	4.24	4.17	..	4.27
u28	6.51	5.96	4.74	5.52	5.54	6.01	6.16	4.16	7.26	7.47	..	6.45
u29	5.34	4.96	6.02	6.73	5.31	4.69	4.83	6.73	4.81	5.27	..	4.82
u30	6.06	6.48	5.43	5.04	5.13	5.22	6.19	5.31	5.42	4.77	..	4.96

Dari tabel 4.8 matriks *rating* dan tabel 4.9 matriks prediksi *rating* di hitung nilai *error* dengan metode pengujian keakuratan hasil rekomendasi *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) seperti dibawah ini:

$$\text{Total absolute MAE} = 3614.62988281$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai error MAE} &= 3614.62988281 / 3000 \\ &= 1,2048\end{aligned}$$

$$\text{Total absolute kuadrat RMSE} = 4924.06152345$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai error RMSE} &= \sqrt{\frac{4924.06152345}{3000}} \\ &= 1,2811\end{aligned}$$

Hasil pengujian untuk 30 *user*, 100 *item* dan 2950 data *rating* kosong menghasilkan nilai *error* MAE = 1,2048 dan nilai error RMSE = 1,2811

Pengujian kedua, dilakukan dengan menghitung hasil akhir dari jumlah *user* dan *item* seperti dibawah:

Jumlah *user* : 30

Jumlah *item* : 100

Jumlah data *rating* kosong : 2924

Total data : 3000

Tabel 4.10 Matriks Rating Pengujian 2

#	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	..	i100
u1	06.00	00.00	05.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u2	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u3	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u4	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u5	03.00	04.00	04.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u6	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u7	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00

u8	03.00	06.00	01.00	04.00	00.00	03.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u9	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u10	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u11	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u12	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u13	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u14	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u15	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u16	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u17	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u18	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u19	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u20	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u21	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u22	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u23	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u24	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u25	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u26	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u27	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u28	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u29	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u30	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00

Tabel 4.11 Matriks Prediksi Rating Pengujian 2

#	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	..	i100
u1	6.04	6.19	5.46	5.49	5.03	5.38	5.61	5.74	5.89	5.79	..	5.18
u2	5.57	5.72	4.00	5.34	6.72	7.04	6.91	2.84	5.49	6.15	..	6.45
u3	4.99	5.84	5.01	6.32	5.86	5.96	5.66	5.68	3.45	4.43	..	4.36
u4	6.14	5.74	6.69	6.72	3.86	4.05	3.84	8.58	6.18	6.42	..	4.32
u5	5.67	5.90	5.67	6.17	5.17	4.85	5.55	6.22	4.55	4.62	..	4.41
u6	4.61	5.39	5.22	5.34	5.81	6.93	4.70	5.96	5.03	6.09	..	5.67
u7	5.10	5.52	5.01	5.26	6.35	5.87	6.53	4.23	4.21	4.07	..	5.42
u8	4.03	4.99	5.50	7.20	5.83	6.10	4.20	7.37	2.57	4.60	..	3.95
u9	5.50	6.06	4.90	6.59	5.26	6.47	4.79	6.33	5.16	6.87	..	4.86
u10	5.68	5.37	6.03	5.75	5.33	4.39	5.73	5.85	5.07	4.39	..	5.01
u11	5.25	6.00	5.07	5.69	5.72	6.00	5.80	5.40	4.28	4.76	..	4.81
u12	5.56	6.08	5.11	6.59	5.86	4.69	6.79	5.04	2.81	2.87	..	3.73
u13	4.70	5.33	5.44	6.77	5.78	5.54	5.11	6.46	3.13	4.24	..	4.15
u14	4.83	5.60	4.16	6.31	6.32	7.70	5.24	4.91	4.69	6.94	..	5.65
u15	6.21	5.93	5.41	5.38	5.61	4.57	6.89	4.38	5.31	4.25	..	5.25

u16	5.70	5.63	5.80	5.51	5.12	5.26	5.18	6.11	5.91	5.79	..	5.41
u17	6.64	6.63	5.24	5.10	4.85	5.46	6.00	5.16	6.89	6.47	..	5.57
u18	5.92	6.14	6.37	5.17	4.75	3.92	5.89	6.40	4.81	3.38	..	4.29
u19	5.55	6.33	4.74	5.78	5.52	6.55	5.59	5.38	5.06	6.05	..	5.06
u20	5.62	5.66	6.24	6.31	5.31	3.33	6.35	6.14	3.13	2.04	..	3.57
u21	4.79	6.55	4.89	4.49	5.40	7.70	4.81	6.03	5.13	6.15	..	5.33
u22	4.70	5.43	5.18	5.87	6.20	5.85	5.90	5.25	3.31	3.78	..	4.71
u23	6.69	6.19	5.04	4.77	5.13	6.03	5.90	4.48	8.18	7.87	..	6.76
u24	5.62	6.25	5.68	4.67	5.13	5.48	5.70	5.76	5.41	4.75	..	5.12
u25	5.41	6.59	3.32	5.30	6.57	8.41	6.55	3.13	5.21	6.98	..	6.07
u26	5.47	7.01	5.43	3.77	4.23	7.77	3.69	7.27	7.63	8.37	..	5.98
u27	5.75	6.19	5.43	6.01	5.30	4.94	6.03	5.74	4.24	4.17	..	4.27
u28	6.51	5.96	4.74	5.52	5.54	6.01	6.16	4.16	7.26	7.47	..	6.45
u29	5.34	4.96	6.02	6.73	5.31	4.69	4.83	6.73	4.81	5.27	..	4.82
u30	6.06	6.48	5.43	5.04	5.13	5.22	6.19	5.31	5.42	4.77	..	4.96

Dari tabel 4.10 matriks *rating* dan tabel 4.11 matriks prediksi *rating* di hitung nilai *error* dengan metode pengujian keakuratan hasil rekomendasi *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) seperti dibawah ini:

$$\text{Total absolute MAE} = 3864.95068359$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai error MAE} &= 3864.95068359 / 3000 \\ &= 1,2883\end{aligned}$$

$$\text{Total absolute kuadrat RMSE} = 5568.37792968$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai error RMSE} &= \sqrt{\frac{5568.37792968}{3000}} \\ &= 1,3623\end{aligned}$$

Hasil pengujian untuk 30 *user*, 100 *item* dan 2923 data *rating* kosong menghasilkan nilai *error* MAE = 1,2883 dan nilai error RMSE = 1,3623

Pengujian ketiga, dilakukan dengan menghitung hasil akhir dari jumlah *user* dan *item* seperti dibawah:

$$\text{Jumlah user} : 30$$

$$\text{Jumlah item} : 100$$

$$\text{Jumlah data rating kosong} : 2847$$

$$\text{Total data} : 3000$$

Tabel 4.12 Matriks Rating Pengujian 3

#	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	..	i100
u1	06.00	00.00	05.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u2	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u3	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u4	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u5	03.00	04.00	04.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u6	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u7	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u8	03.00	06.00	01.00	04.00	00.00	03.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	03.00
u9	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u10	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u11	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u12	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u13	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u14	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u15	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u16	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u17	00.00	05.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u18	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u19	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u20	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u21	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u22	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u23	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u24	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u25	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u26	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u27	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u28	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u29	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00
u30	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	..	00.00

Tabel 4.13 Prediksi Matriks Rating Pengujian 3

#	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	..	i100
u1	6.04	6.19	5.46	5.49	5.03	5.38	5.61	5.74	5.89	5.79	..	5.18
u2	5.57	5.72	4.00	5.34	6.72	7.04	6.91	2.84	5.49	6.15	..	6.45
u3	4.99	5.84	5.01	6.32	5.86	5.96	5.66	5.68	3.45	4.43	..	4.36
u4	6.14	5.74	6.69	6.72	3.86	4.05	3.84	8.58	6.18	6.42	..	4.32
u5	5.67	5.90	5.67	6.17	5.17	4.85	5.55	6.22	4.55	4.62	..	4.41
u6	4.61	5.39	5.22	5.34	5.81	6.93	4.70	5.96	5.03	6.09	..	5.67

u7	5.10	5.52	5.01	5.26	6.35	5.87	6.53	4.23	4.21	4.07	..	5.42
u8	4.03	4.99	5.50	7.20	5.83	6.10	4.20	7.37	2.57	4.60	..	3.95
u9	5.50	6.06	4.90	6.59	5.26	6.47	4.79	6.33	5.16	6.87	..	4.86
u10	5.68	5.37	6.03	5.75	5.33	4.39	5.73	5.85	5.07	4.39	..	5.01
u11	5.25	6.00	5.07	5.69	5.72	6.00	5.80	5.40	4.28	4.76	..	4.81
u12	5.56	6.08	5.11	6.59	5.86	4.69	6.79	5.04	2.81	2.87	..	3.73
u13	4.70	5.33	5.44	6.77	5.78	5.54	5.11	6.46	3.13	4.24	..	4.15
u14	4.83	5.60	4.16	6.31	6.32	7.70	5.24	4.91	4.69	6.94	..	5.65
u15	6.21	5.93	5.41	5.38	5.61	4.57	6.89	4.38	5.31	4.25	..	5.25
u16	5.70	5.63	5.80	5.51	5.12	5.26	5.18	6.11	5.91	5.79	..	5.41
u17	6.64	6.63	5.24	5.10	4.85	5.46	6.00	5.16	6.89	6.47	..	5.57
u18	5.92	6.14	6.37	5.17	4.75	3.92	5.89	6.40	4.81	3.38	..	4.29
u19	5.55	6.33	4.74	5.78	5.52	6.55	5.59	5.38	5.06	6.05	..	5.06
u20	5.62	5.66	6.24	6.31	5.31	3.33	6.35	6.14	3.13	2.04	..	3.57
u21	4.79	6.55	4.89	4.49	5.40	7.70	4.81	6.03	5.13	6.15	..	5.33
u22	4.70	5.43	5.18	5.87	6.20	5.85	5.90	5.25	3.31	3.78	..	4.71
u23	6.69	6.19	5.04	4.77	5.13	6.03	5.90	4.48	8.18	7.87	..	6.76
u24	5.62	6.25	5.68	4.67	5.13	5.48	5.70	5.76	5.41	4.75	..	5.12
u25	5.41	6.59	3.32	5.30	6.57	8.41	6.55	3.13	5.21	6.98	..	6.07
u26	5.47	7.01	5.43	3.77	4.23	7.77	3.69	7.27	7.63	8.37	..	5.98
u27	5.75	6.19	5.43	6.01	5.30	4.94	6.03	5.74	4.24	4.17	..	4.27
u28	6.51	5.96	4.74	5.52	5.54	6.01	6.16	4.16	7.26	7.47	..	6.45
u29	5.34	4.96	6.02	6.73	5.31	4.69	4.83	6.73	4.81	5.27	..	4.82
u30	6.06	6.48	5.43	5.04	5.13	5.22	6.19	5.31	5.42	4.77	..	4.96

Dari tabel 4.12 matriks *rating* dan tabel 4.13 matriks prediksi *rating* di hitung nilai *error* dengan metode pengujian keakuratan hasil rekomendasi *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) seperti dibawah ini:

$$\text{Total absolute MAE} = 1979,96411133$$

$$\text{Nilai error MAE} = 1979,96411133 / 3000$$

$$= 0,6599$$

$$\text{Total absolute kuadrat RMSE} = 1803,49182129$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai error RMSE} &= \sqrt{\frac{1803,49182129}{3000}} \\ &= 0,7753 \end{aligned}$$

Hasil pengujian untuk 30 *user*, 100 *item* dan 2846 data *rating* kosong menghasilkan nilai *error* MAE = 0,6599 dan nilai *error* RMSE = 0,7753.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Pengujian yang dilakukan terhadap pengembangan Aplikasi Rekomendasi E-book Pada Perpustakaan Digital Menggunakan *Deep Collaborative Filtering* Berbasis *Mobile* dan *Web* diperoleh beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian perangkat lunak dengan *black box testing* dapat ditarik kesimpulan bahwa perangkat lunak secara fungsional mengeluarkan hasil sesuai dengan yang diharapkan.
2. Penggunaan metode *deep collaborative filtering* dalam menghasilkan rekomendasi, memiliki keakuratan yang baik dengan pengujian data terakhir terhadap 30 *user* dan 100 *item* dengan 2847 jumlah data *rating* kosong menghasilkan nilai rata-rata *error* dengan pengujian MAE sebesar 0,6599 dan RMSE sebesar 0,7753. Berdasarkan nilai rata-rata *error* tersebut dapat disimpulkan bahwa *deep collaborative filtering* dapat mengurangi *sparsity* matriks *rating* pada perpustakaan digital.

5.2 Saran

Saran dari penulis untuk pengembangan Aplikasi Rekomendasi E-book Pada Perpustakaan Digital Menggunakan Deep Collaborative Filtering Berbasis Mobile dan Web adalah pada format perpustakaan digital dapat diperluas kebeberapa format digital lainnya seperti format epub dan lainnya.

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.
- Gajera, V., Shubham, Gupta, R. & Jana, P. K., 2016. An Effective Multi-Objective Task Scheduling Algorithm using Min-Max Normalization in Cloud Computing. p. 813.
- Han, J. et al., 2019. Adaptive Deep Modeling of Users andItems Using Side Informationfor Recommendation. *IEEE Transactions On Neural Networks And Learning Systems*.
- Henderi, Wahyuningsih, T. & Rahwanto, E., 2021. Comparison of Min-Max normalization and Z-Score Normalization in the K-nearest neighbor (kNN) Algorithm to Test the Accuracy of Types of Breast Cancer. *International Journal of Informatics and Information System*, Volume 4, p. 16.
- 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, L.-H., Hsu, R.-W. & Lee, F.-M., 2012. Review of Recommender Systems and Their Applications. *Department of Information Management*, p. 13.
- 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 Denoising Auto-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 Matrix 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.

Lampiran 1
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Evan Owen Pasaribu
Umur : 23 Tahun
Tempat / Tanggal Lahir : Parlilitan / 10 Juli 1998
Jenis Kelamin : Pria
Agama : Kristen
Tempat Tinggal : Jl. Doloksanggul No.2 Desa Sihotang Hasugian Tonga, Kec. Parlilitan, Kab. Humbang Hasundutan

Pendidikan

- | | |
|--|------------|
| 1. Tamatan SD Negeri 173484 Parlilitan | Tahun 2010 |
| 2. Tamatan SMP Negeri 1 Parlilitan | Tahun 2013 |
| 3. Tamatan SMK Yapim Taruna Sei Rotan | Tahun 2016 |

Demikian daftar riwayat hidup ini saya perbuat dengan sesungguhnya.

Hormat saya,

Evan Owen Pasaribu

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Iman Fajar Lombu
Umur : 21 Tahun
Tempat / Tanggal Lahir : Tetehosi I / 18 September 1999
Jenis Kelamin : Pria
Agama : Kristen
Tempat Tinggal : Jl. Gereja Amin No.15 Desa Tetehosi I, Kec. Gunungsitoli
Idanoi, Kota Gunungsitoli

Pendidikan

- | | |
|---|------------|
| 1. Tamatan SD Negeri 071061 Tetehosi Idanoi | Tahun 2011 |
| 2. Tamatan SMP Negeri 1 Gunungsitoli Idanoi | Tahun 2014 |
| 3. Tamatan SMK Swasta Pembda Nias | Tahun 2017 |

Demikian daftar riwayat hidup ini saya perbuat dengan sesungguhnya.

Hormat saya,

Iman Fajar Lombu

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Martua Sinaga
Umur : 22 Tahun
Tempat / Tanggal Lahir : Pangguruan / 30 April 1999
Jenis Kelamin : Pria
Agama : Katolik
Tempat Tinggal : Jl. Titi Papan

Pendidikan

- | | |
|------------------------------------|------------|
| 1. Tamatan SDK Negeri 1 Sibagindar | Tahun 2009 |
| 2. Tamatan SMP Negeri 1 Pagindar | Tahun 2012 |
| 3. Tamatan SMK Negeri 1 Sidikalang | Tahun 2015 |

Demikian daftar riwayat hidup ini saya perbuat dengan sesungguhnya.

Hormat saya,

Martua Sinaga