UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OTOMASI PENYARINGAN IRRELEVANT CLASHES PADA KOORDINASI BIM STRUKTUR DAN MEP MENGGUNAKAN METODE
HIBRIDA RULE-BASED REASONING DAN MACHINE LEARNING
Azkianof Royhaan Ramadhan, Dr. Toriq Arif Ghuzdewan, ST, M.Sc.E.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN iii
HALAMAN PENGESAHAN iv
HALAMAN PERNYATAAN v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
INTISARI xii
ABSTRACT xiii
BAB 1 PENDAHULUAN 14
1.1 Latar Belakang 14
1.2 Rumusan Masalah 15
1.3 Tujuan Penelitian 16
1.4 Batasan Masalah 16
1.5 Manfaat Penelitian 16
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 18
2.1 Studi Terdahulu 18
2.1.1 *Building Information Modeling* dalam Koordinasi Desain 18
2.1.2 Evolusi *Clash Detection* dalam Koordinasi Konstruksi 19
2.1.3 Klasifikasi *Irrelevant Clashes* dan Signifikansinya 20
2.1.4 Pendekatan *Rule-Based Reasoning* dalam Penyaringan *Clash* 21
2.1.5 Pendekatan *Machine Learning* dalam Penyaringan *Clash* 22
2.1.6 Algoritma *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost) 23
2.1.7 Rekayasa Fitur untuk Klasifikasi Clash 23
2.2 Keasliaan Penelitian 24
BAB 3 LANDASAN TEORI 26
3.1 *Building Information Modeling* (BIM) 26
3.2 *Clash Detection* 26
3.2.1 Prioritas Elemen (*Clash Matrix*) 27
3.3 Penyaringan Kualitas Data (*Data Quality Pre-filtering*) 28
3.4 Penalaran Berbasis Aturan (*Rule-Based Reasoning*) untuk Klasifikasi Benturan 28

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OTOMASI PENYARINGAN IRRELEVANT CLASHES PADA KOORDINASI BIM STRUKTUR DAN MEP MENGGUNAKAN METODE
HIBRIDA RULE-BASED REASONING DAN MACHINE LEARNING
Azkianof Royhaan Ramadhan, Dr. Toriq Arif Ghuzdewan, ST, M.Sc.E.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.5 *Machine Learning* (XGBoost) 29
3.6 Metrik Evaluasi Model 30
BAB 4 METODE PENELITIAN 34
4.1 Prosedur Penelitian 34
4.2 Pengumpulan Data Penelitian 36
4.2.1 Deskripsi Data Penelitian 36
4.2.2 Prosedur *Clash Detection* 36
4.3 *Data Preprocessing* 38
4.3.1 Pembersihan Data (*Pre-Filter Data*) 38
4.3.2 Penerapan *Rule-Based Reasoning* (RBR) 38
4.4 Proses Pelabelan *Dataset* (*Ground Truth Labeling*) 39
4.5 Pencegahan Kebocoran Data (*Data Leakage Prevention*) 39
4.6 Penerapan *Feature Engineering* 40
4.7 Pengembangan Model *Machine Learning* (XGBoost) 41
4.7.1 Pembagian *Dataset* (*Train-Test Split*) 41
4.7.2 Mekanisme *Cost-Sensitive Learning* (*Scale pos weight*) 41
4.7.3 Penyetelan Hiperparameter 42
4.8 Evaluasi Model *Machine Learning* 43
4.9 Alat penelitian 43
BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 46
5.1 Arsitektur Sistem 46
5.2 Hasil *Clash Detection* 48
5.3 Hasil Data Preprocessing 49
5.3.1 Hasil Penyaringan Data 49
5.3.2 Hasil Penerapan RBR 50
5.4 Hasil Pelabelan *Dataset* 52
5.5 Hasil Pencegahan Kebocoran Data 53
5.6 Hasil Feature Engineering 54
5.7 Hasil Pelatihan Model *Machine Learning* 55
5.7.1 Hasil Pembagian Dataset (*Train-Test Split*) 55
5.7.2 Hasil Mekanisme *Cost-Sensitive Learning* (*Scale Pos Weight*) 56
5.7.3 Hasil Penyetelan Hiperparameter (*Hyperparameter Tuning*) 56
5.8 Analisis Karakteristik Dataset Tabrakan 57
5.9 Analisa Kinerja Model Hibrida RBR-XGBoost 59

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OTOMASI PENYARINGAN IRRELEVANT CLASHES PADA KOORDINASI BIM STRUKTUR DAN MEP MENGGUNAKAN METODE HIBRIDA RULE-BASED REASONING DAN MACHINE LEARNING
Azkianof Royhaan Ramadhan, Dr. Toriq Arif Ghuzdewan, ST, M.Sc.E.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.9.1 Analisis *confusion matrix* 59
5.9.2 Evaluasi performa model klasifikasi.....61
5.9.3 Perbandingan kinerja model dengan literatur terdahulu (*benchmarking*).....63
5.9.4 Analisa Faktor Penentu Keputusan (Feature Importance) 64
5.9.5 Dampak Penggunaan Model Terhadap Efisiensi Waktu Koordinasi 66
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....69
6.1 Kesimpulan 69
6.2 Saran.....70
DAFTAR PUSTAKA 71
LAMPIRAN.....74