
Data Science dan Business Intelligence Berbasis Riset untuk Pengambilan Keputusan Strategis

Konsep, Metode, Machine Learning, Predictive Analytics, Dashboard,
dan Decision Support System

Penulis

Rahmad B.Y Syah,
Prof. Dr. Ir. M. Kom., IPM., ASEAN Eng. APEC Eng

Diterbitkan Oleh:
Universitas Medan Area Press

Data Science dan Business Intelligence Berbasis Riset untuk Pengambilan Keputusan Strategis

Konsep, Metode, Machine Learning, Predictive Analytics, Dashboard,
dan Decision Support System

Penulis

Rahmad B.Y Syah,
Prof. Dr. Ir. M. Kom., IPM., ASEAN Eng. APEC Eng

Desain Cover

Rahmad B.Y Syah,
Prof. Dr. Ir. M. Kom., IPM., ASEAN Eng. APEC Eng

Edit Layout

Rahmad B.Y Syah,
Prof. Dr. Ir. M. Kom., IPM., ASEAN Eng. APEC Eng

Editor

Hartono

Diterbitkan Oleh:
Universitas Medan Area Press

Address: Jalan Kolam Nomor 1, Kenangan Baru, Kec.
Percut Sei Tuan, Deliserdang, Sumatera Utara
Telephone: 061-7366878, e-mail: pghc@uma.ac.id

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	VI
SINOPSIS	VII
BAB 1	1
PENDAHULUAN: DATA SEBAGAI ASET STRATEGIS ORGANISASI	1
1.1 PERKEMBANGAN DATA SCIENCE DAN BUSINESS INTELLIGENCE	1
1.2 DATA, INFORMASI, PENGETAHUAN, DAN KEPUTUSAN	1
1.3 KONSEP DASAR DATA SCIENCE	3
1.4 KONSEP DASAR BUSINESS INTELLIGENCE	3
1.5 HUBUNGAN DATA SCIENCE DAN BUSINESS INTELLIGENCE	4
1.6 DATA SEBAGAI ASET STRATEGIS	5
1.7 TANTANGAN DALAM PEMANFAATAN DATA	6
BAB 2	7
FONDASI KONSEPTUAL DATA SCIENCE	7
2.1 DEFINISI DAN RUANG LINGKUP DATA SCIENCE	7
2.2 DATA SCIENCE SEBAGAI BIDANG MULTIDISIPLINER	8
2.3 SIKLUS HIDUP DATA SCIENCE	9
2.3.1 <i>Pemahaman Masalah</i>	9
2.3.2 <i>Pengumpulan Data</i>	9
2.3.3 <i>Persiapan Data</i>	10
2.3.4 <i>Eksplorasi Data</i>	10
2.3.5 <i>Pemodelan</i>	10
2.3.6 <i>Evaluasi Model</i>	10
2.3.7 <i>Interpretasi Hasil</i>	10
2.3.8 <i>Implementasi dan Monitoring</i>	10
2.4 DATA COLLECTION DAN DATA PREPARATION	11
2.5 EXPLORATORY DATA ANALYSIS	11
2.6 FEATURE ENGINEERING	13
2.7 MACHINE LEARNING DALAM DATA SCIENCE	13
2.8 EVALUASI MODEL DATA SCIENCE	14
2.9 INTERPRETABILITY DAN EXPLAINABILITY	15
2.10 DATA SCIENCE SEBAGAI DASAR PENGAMBILAN KEPUTUSAN	15
2.11 RELEVANSI DATA SCIENCE DALAM PENELITIAN BERBASIS RISET	16
BAB 3	18
FONDASI BUSINESS INTELLIGENCE	18
3.1 DEFINISI BUSINESS INTELLIGENCE	18
3.2 EVOLUSI BUSINESS INTELLIGENCE	19
3.3 KOMPONEN UTAMA BUSINESS INTELLIGENCE	20
3.4 DATA WAREHOUSE, DATA MART, DAN DATA LAKE	20
3.5 ETL DAN INTEGRASI DATA	21
3.6 DASHBOARD, REPORTING, DAN KEY PERFORMANCE INDICATOR	22
3.7 SELF-SERVICE BUSINESS INTELLIGENCE	22
3.8 REAL-TIME BUSINESS INTELLIGENCE	23
3.9 INTEGRASI BUSINESS INTELLIGENCE DAN DATA SCIENCE	24
3.10 BUSINESS INTELLIGENCE UNTUK PENGAMBILAN KEPUTUSAN STRATEGIS	24
3.11 BUSINESS INTELLIGENCE BERBASIS RISET	25
3.12 ARSITEKTUR BUSINESS INTELLIGENCE DALAM ORGANISASI	25
3.13 PRINSIP PERANCANGAN DASHBOARD BUSINESS INTELLIGENCE	26
3.14 TANTANGAN IMPLEMENTASI BUSINESS INTELLIGENCE	27
3.15 BUSINESS INTELLIGENCE DALAM KONTEKS PERGURUAN TINGGI	27
3.16 BUSINESS INTELLIGENCE DAN BUDAYA ORGANISASI BERBASIS DATA	28
BAB 4	29
METODOLOGI PENELITIAN DALAM DATA SCIENCE DAN BUSINESS INTELLIGENCE	29
4.1. PARADIGMA PENELITIAN BERBASIS DATA	29

4.2.	DESAIN PENELITIAN KUANTITATIF DALAM DATA SCIENCE	29
4.3.	DATA PRIMER DAN DATA SEKUNDER	30
4.4.	VARIABEL PENELITIAN DALAM DATA SCIENCE DAN BUSINESS INTELLIGENCE	31
4.5.	CRISP-DM SEBAGAI KERANGKA PENELITIAN DATA SCIENCE	32
4.5.1	<i>Business Understanding</i>	32
4.5.2	<i>Data Understanding</i>	32
4.5.3	<i>Data Preparation</i>	33
4.5.4	<i>Modeling</i>	33
4.5.5	<i>Evaluation</i>	33
4.5.6	<i>Deployment</i>	33
4.6.	KNOWLEDGE DISCOVERY IN DATABASE	33
4.7.	DESAIN EKSPERIMEN MACHINE LEARNING.....	34
4.8.	CROSS-VALIDATION DAN REPEATED HOLDOUT	35
4.9.	HYPERPARAMETER TUNING	35
4.10.	EVALUASI MODEL REGRESI	36
4.11.	EVALUASI MODEL KLASIFIKASI	36
4.12.	EVALUASI MODEL CLUSTERING	37
4.13.	VALIDITAS, RELIABILITAS, DAN ROBUSTNESS MODEL.....	37
4.14.	ABLATION STUDY DAN SENSITIVITY ANALYSIS	38
4.15.	REPRODUCIBILITY DALAM PENELITIAN DATA SCIENCE	38
4.16.	ETIKA PENELITIAN BERBASIS DATA	39
4.17.	METODOLOGI PENELITIAN BERBASIS RISET CONTOH KASUS.....	40
4.18.	STRUKTUR UMUM METODOLOGI PENELITIAN DATA SCIENCE DAN BUSINESS INTELLIGENCE	40
BAB 5.....		42
MANAJEMEN DATA DAN PRA-PEMROSESAN DATA		42
5.1	KARAKTERISTIK DATA DALAM DATA SCIENCE DAN BUSINESS INTELLIGENCE.....	42
5.2	DATA TERSTRUKTUR, SEMI-TERSTRUKTUR, DAN TIDAK TERSTRUKTUR.....	43
5.3	DATA QUALITY DAN PERMASALAHAN UMUM DATA	44
5.4	MISSING VALUE	45
5.5	OUTLIER	45
5.6	NOISE DAN DUPLIKASI DATA	46
5.7	ENCODING DATA KATEGORIKAL	46
5.8	NORMALISASI DAN STANDARDISASI	47
5.9	DATA IMBALANCE DAN STRATEGI PENANGANANNYA	48
5.10	FEATURE TRANSFORMATION	49
5.11	DIMENSIONALITY REDUCTION.....	51
5.12	PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS.....	52
5.13	PIPELINE PRA-PEMROSESAN DATA	53
5.14	DATA LEAKAGE DALAM PRA-PEMROSESAN	54
5.15	MANAJEMEN DATA UNTUK BUSINESS INTELLIGENCE.....	55
5.16	MANAJEMEN DATA DALAM PENELITIAN BERBASIS RISET	55
5.17	KESALAHAN UMUM DALAM PRA-PEMROSESAN DATA.....	56
BAB 6.....		57
MACHINE LEARNING UNTUK DATA SCIENCE DAN BUSINESS INTELLIGENCE.....		57
6.1	KONSEP DASAR MACHINE LEARNING.....	57
6.2	JENIS-JENIS MACHINE LEARNING	57
6.3	SUPERVISED LEARNING	60
6.4	UNSUPERVISED LEARNING	60
6.5	REGRESSION MODEL	61
6.6	CLASSIFICATION MODEL.....	61
6.7	CLUSTERING MODEL	62
6.8	DECISION TREE DAN RULE-BASED LEARNING	63
6.9	RANDOM FOREST	63
6.10	GRADIENT BOOSTING MACHINE	64
6.11	XGBOOST, LIGHTGBM, DAN CATBOOST	65
6.12	SUPPORT VECTOR MACHINE.....	65

6.13	NEURAL NETWORK DAN DEEP LEARNING	66
6.14	ENSEMBLE LEARNING	66
6.15	PEMILIHAN MODEL TERBAIK.....	67
6.16	MACHINE LEARNING DALAM BUSINESS INTELLIGENCE MODERN	68
6.17	MACHINE LEARNING BERBASIS RISET	69
6.18	KESALAHAN UMUM DALAM PENGGUNAAN MACHINE LEARNING.....	69
BAB 7		71
PREDICTIVE ANALYTICS DALAM PENGAMBILAN KEPUTUSAN		71
7.1	KONSEP PREDICTIVE ANALYTICS	71
7.2	PERBEDAAN DESCRIPTIVE, DIAGNOSTIC, PREDICTIVE, DAN PRESCRIPTIVE ANALYTICS	71
7.3	MODEL PREDIKSI UNTUK DATA BISNIS.....	73
7.4	PREDIKSI PERILAKU KONSUMEN.....	74
7.5	PREDIKSI RISIKO DAN KETIDAKPASTIAN	75
7.6	ENSEMBLE LEARNING UNTUK PREDICTIVE ANALYTICS	76
7.7	EVALUASI MODEL PREDIKTIF	76
7.8	INTERPRETASI HASIL PREDIKSI	77
7.9	PREDICTIVE ANALYTICS DALAM DASHBOARD BUSINESS INTELLIGENCE.....	78
7.10	PREDICTIVE ANALYTICS UNTUK PENGAMBILAN KEPUTUSAN STRATEGIS	78
7.11	STUDI KASUS BERBASIS RISET	79
7.12	TANTANGAN DALAM PREDICTIVE ANALYTICS.....	80
7.13	PRINSIP PENGEMBANGAN PREDICTIVE ANALYTICS YANG BAIK	81
7.14	PREDICTIVE ANALYTICS DAN NILAI STRATEGIS ORGANISASI	81
BAB 8		83
PRESCRIPTIVE ANALYTICS DAN SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN		83
8.1	KONSEP PRESCRIPTIVE ANALYTICS	83
8.2	PERBEDAAN PREDICTIVE DAN PRESCRIPTIVE ANALYTICS	83
8.3	OPTIMASI DALAM PENGAMBILAN KEPUTUSAN.....	84
8.4	GOAL PROGRAMMING	85
8.5	MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION	86
8.6	SURROGATE-IN-OPTIMIZATION	86
8.7	BEHAVIORAL INTERVAL GOAL PROGRAMMING	87
8.8	DECISION SUPPORT SYSTEM	88
8.9	EVALUASI KEPUTUSAN PRESKRIPTIF	89
8.10	INTEGRASI PRESCRIPTIVE ANALYTICS DALAM BUSINESS INTELLIGENCE	89
8.11	SCENARIO ANALYSIS DAN SENSITIVITY ANALYSIS	90
8.12	PRESCRIPTIVE ANALYTICS DALAM KONTEKS MULTI-KPI	90
8.13	PRESCRIPTIVE ANALYTICS BERBASIS RISET	91
8.14	TANTANGAN DALAM PRESCRIPTIVE ANALYTICS.....	92
8.15	PRINSIP PENGEMBANGAN PRESCRIPTIVE ANALYTICS YANG BAIK.....	92
8.16	PRESCRIPTIVE ANALYTICS DAN NILAI STRATEGIS ORGANISASI.....	93
BAB 9		94
EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM DATA SCIENCE DAN BUSINESS INTELLIGENCE		94
9.1	PENTINGNYA INTERPRETABILITAS MODEL	94
9.2	BLACK-BOX MODEL DAN TANTANGAN KEPERCAYAAN.....	94
9.3	KONSEP EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE.....	95
9.4	FEATURE IMPORTANCE	97
9.5	SHAP UNTUK INTERPRETASI MODEL.....	97
9.6	LIME DAN INTERPRETASI LOKAL	98
9.7	INTERPRETASI GLOBAL DAN LOKAL.....	98
9.8	EXPLAINABILITY DALAM DASHBOARD BUSINESS INTELLIGENCE	100
9.9	EXPLAINABLE AI UNTUK KEPUTUSAN MANAJERIAL	100
9.10	EXPLAINABLE AI DALAM PENELITIAN BERBASIS RISET.....	101
9.11	TANTANGAN DALAM PENERAPAN EXPLAINABLE AI	101
9.12	ETIKA DAN AKUNTABILITAS EXPLAINABLE AI	102
9.13	PRINSIP PENGEMBANGAN EXPLAINABLE AI YANG BAIK	103

9.14	EXPLAINABLE AI DAN NILAI STRATEGIS ORGANISASI	103
BAB 10	105
ANALITIK KETIDAKPASTIAN DAN FUZZY DECISION SYSTEM		105
10.1	KETIDAKPASTIAN DALAM DATA DAN KEPUTUSAN	105
10.2	KONSEP FUZZY LOGIC	105
10.3	FUZZY SET DAN MEMBERSHIP FUNCTION	106
10.4	INTUITIONISTIC FUZZY SET DAN PYTHAGOREAN FUZZY SET	107
10.5	SPHERICAL FUZZY SET	108
10.6	MEMBERSHIP, NON-MEMBERSHIP, DAN HESITATION	109
10.7	FUZZY AGGREGATION UNTUK KEPUTUSAN BISNIS	110
10.8	INTEGRASI PCA, COMPLEXITY PREDICTION, DAN SPHERICAL FUZZY	111
10.9	UNCERTAINTY-AWARE DECISION SUPPORT	112
10.10	EVALUASI MODEL BERBASIS KETIDAKPASTIAN	113
10.11	FUZZY DECISION SYSTEM DALAM BUSINESS INTELLIGENCE	114
10.12	STUDI KASUS KONSEPTUAL: ANALITIK PERILAKU KONSUMEN	114
10.13	STUDI KASUS KONSEPTUAL: ANALITIK KEUANGAN DAN RISIKO	115
10.14	TANTANGAN DALAM ANALITIK KETIDAKPASTIAN	116
10.15	ETIKA DALAM KEPUTUSAN BERBASIS KETIDAKPASTIAN	116
10.16	NILAI STRATEGIS ANALITIK KETIDAKPASTIAN BAGI ORGANISASI.....	117
BAB 11	118
DATA SCIENCE UNTUK ANALISIS PERILAKU KONSUMEN		118
11.1	DATA KONSUMEN SEBAGAI SUMBER INTELIJEN BISNIS	118
11.2	CUSTOMER PROFILING	119
11.3	CUSTOMER SEGMENTATION	120
11.4	CHURN PREDICTION	121
11.5	CUSTOMER ENGAGEMENT ANALYTICS	122
11.6	LOYALTY ANALYTICS	122
11.7	DIMENSIONALITY REDUCTION UNTUK DATA KONSUMEN.....	123
11.8	COMPLEXITY-BASED CONSUMER BEHAVIOUR PREDICTION	123
11.9	FUZZY-BASED CONSUMER DECISION ANALYTICS.....	124
11.10	INTEGRASI PREDICTIVE ANALYTICS DAN DASHBOARD KONSUMEN	125
11.11	EXPLAINABLE CONSUMER ANALYTICS	125
11.12	STUDI KASUS BERBASIS RISET: CUSTOMER RETENTION ANALYTICS	126
11.13	STUDI KASUS KONSEPTUAL: PCA-COMPLEXITY-SPHERICAL FUZZY UNTUK KONSUMEN....	127
11.14	STRATEGI BISNIS BERBASIS ANALISIS PERILAKU KONSUMEN	127
11.15	TANTANGAN DALAM ANALISIS PERILAKU KONSUMEN	128
11.16	ETIKA DALAM DATA SCIENCE KONSUMEN	128
11.17	NILAI STRATEGIS ANALISIS PERILAKU KONSUMEN	129
BAB 12	130
BUSINESS INTELLIGENCE UNTUK MANAJEMEN ORGANISASI DAN PERGURUAN TINGGI ..		130
12.1	PERAN BI DALAM TATA KELOLA PERGURUAN TINGGI	130
12.2	DATA AKADEMIK, KEUANGAN, ASET, DAN SUMBER DAYA.....	130
12.3	DASHBOARD MANAJEMEN PERGURUAN TINGGI	132
12.4	ANALITIK INVENTARIS DAN ASET ORGANISASI	132
12.5	ANALITIK KEUANGAN DAN PUSAT PENGENDALIAN KEUANGAN	133
12.6	KEY PERFORMANCE INDICATOR PERGURUAN TINGGI	133
12.7	SISTEM INFORMASI EKSEKUTIF	134
12.8	DATA-DRIVEN GOVERNANCE	135
12.9	BUSINESS INTELLIGENCE UNTUK AKREDITASI DAN PENJAMINAN MUTU	135
12.10	BUSINESS INTELLIGENCE UNTUK MANAJEMEN SUMBER DAYA MANUSIA	136
12.11	BUSINESS INTELLIGENCE UNTUK MANAJEMEN FASILITAS DAN LAYANAN KAMPUS	136
12.12	BUSINESS INTELLIGENCE UNTUK PENELITIAN DAN PUBLIKASI	137
12.13	BUSINESS INTELLIGENCE UNTUK KERJA SAMA DAN KEMITRAAN	137
12.14	BUSINESS INTELLIGENCE UNTUK PERGURUAN TINGGI BERBASIS PREDIKTIF.....	138
12.15	RANCANGAN ARSITEKTUR BI PERGURUAN TINGGI	138
12.16	TANTANGAN IMPLEMENTASI BI DI PERGURUAN TINGGI.....	139

12.17	STRATEGI IMPLEMENTASI BI DI PERGURUAN TINGGI	139
12.18	STUDI KASUS KONSEPTUAL: BI DI LINGKUNGAN UNIVERSITAS MEDAN AREA	140
12.19	ETIKA DAN KEAMANAN DATA DALAM BI PERGURUAN TINGGI	140
12.20	NILAI STRATEGIS BI BAGI PERGURUAN TINGGI.....	141
BAB 13	142
DATA SCIENCE UNTUK SEKTOR PERKEBUNAN DAN PERTANIAN	142
13.1	DIGITALISASI DATA PERTANIAN DAN PERKEBUNAN.....	142
13.2	DATA PRODUKSI, PEMUPUKAN, CURAH HUJAN, DAN DISTRIBUSI	142
13.3	PREDICTIVE ANALYTICS UNTUK PRODUKSI KELAPA SAWIT	144
13.4	ANALITIK BIBIT KELAPA SAWIT	145
13.5	MODEL ENSEMBLE UNTUK PREDIKSI PRODUKTIVITAS	147
13.6	CATBOOST, RANDOM FOREST, XGBOOST, DAN LIGHTGBM DALAM DATA PERKEBUNAN ..	147
13.7	EXPLAINABLE AI UNTUK INTERPRETASI FAKTOR PRODUKSI	148
13.8	CONFORMAL PREDICTION UNTUK KETIDAKPASTIAN PREDIKSI.....	149
13.9	SCENARIO ANALYTICS UNTUK KEBIJAKAN PRODUKSI.....	150
13.10	DASHBOARD BI UNTUK MANAJEMEN PERKEBUNAN	150
13.11	STUDI KASUS BERBASIS RISET: ANALITIK PRODUKSI DAN BIBIT KELAPA SAWIT	151
13.12	INTEGRASI PREDICTIVE DAN PRESCRIPTIVE ANALYTICS DALAM PERKEBUNAN	153
13.13	TANTANGAN DATA SCIENCE DALAM SEKTOR PERKEBUNAN	153
13.14	ETIKA DAN KEBERLANJUTAN DALAM DATA SCIENCE PERKEBUNAN.....	154
13.15	NILAI STRATEGIS DATA SCIENCE UNTUK PERKEBUNAN	154
BAB 14	156
DATA SCIENCE UNTUK UMKM, KEUANGAN DIGITAL, DAN CREDIT SCORING	156
14.1	TRANSFORMASI DIGITAL UMKM.....	156
14.2	DIGITAL FOOTPRINT SEBAGAI SUMBER DATA ALTERNATIF.....	156
14.3	FINANCIAL INCLUSION DAN DATA-DRIVEN CREDIT ASSESSMENT	157
14.4	CREDIT SCORING BERBASIS MACHINE LEARNING	158
14.5	LOGISTIC REGRESSION, LIGHTGBM, DAN CATBOOST UNTUK CREDIT RISK.....	159
14.6	EXPLAINABLE CREDIT SCORING.....	160
14.7	MODEL RISIKO UNTUK UMKM UNBANKED	160
14.8	FAIRNESS, BIAS, DAN ETIKA DALAM CREDIT SCORING	161
14.9	BUSINESS INTELLIGENCE UNTUK MONITORING UMKM	161
14.10	DASHBOARD KEUANGAN DIGITAL DAN RISIKO KREDIT	162
14.11	PREDICTIVE ANALYTICS UNTUK UMKM NAIK KELAS.....	163
14.12	STUDI KASUS KONSEPTUAL: CREDIT SCORING UMKM BERBASIS DIGITAL FOOTPRINT	164
14.13	STUDI KASUS KONSEPTUAL: DASHBOARD MONITORING UMKM BINAAN	164
14.14	TANTANGAN DATA SCIENCE UNTUK UMKM DAN CREDIT SCORING	165
14.15	ETIKA, PRIVASI, DAN AKUNTABILITAS	166
14.16	NILAI STRATEGIS DATA SCIENCE BAGI UMKM DAN KEUANGAN DIGITAL	166
BAB 15	168
ANALITIK SPASIAL, GEOFENCING, DAN TRACEABILITY	168
15.1	KONSEP SPATIAL DATA SCIENCE	168
15.2	DATA KOORDINAT, LOKASI, DAN PETA OPERASIONAL	168
15.3	GEOFENCING DALAM SISTEM MONITORING.....	169
15.4	TRACEABILITY DALAM RANTAI PASOK	171
15.5	SPATIAL MASTER DATA	171
15.6	CLUSTERING SPASIAL	172
15.7	HDBSCAN DAN GAUSSIAN MIXTURE MODEL	172
15.8	MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION DALAM SISTEM SPASIAL	173
15.9	ANALITIK TRACEABILITY UNTUK KELAPA SAWIT	174
15.10	DASHBOARD SPASIAL DAN MONITORING OPERASIONAL.....	174
15.11	STUDI KASUS KONSEPTUAL: GEOFENCING TPH KELAPA SAWIT.....	175
15.12	STUDI KASUS KONSEPTUAL: TRACEABILITY DEBT DALAM OPERASIONAL PERKEBUNAN ...	176
15.13	INTEGRASI GEOFENCING, TRACEABILITY, DAN BUSINESS INTELLIGENCE	177
15.14	TANTANGAN ANALITIK SPASIAL DAN TRACEABILITY	177
15.15	ETIKA DALAM PEMANTAUAN LOKASI DAN TRACEABILITY.....	178

15.16	NILAI STRATEGIS ANALITIK SPASIAL BAGI ORGANISASI.....	178
BAB 16	180
DATA SCIENCE UNTUK TELEKOMUNIKASI DAN MULTI-KPI DECISION SUPPORT		180
16.1	DATA SCIENCE DALAM INDUSTRI TELEKOMUNIKASI.....	180
16.2	KEY PERFORMANCE INDICATOR DALAM JARINGAN TELEKOMUNIKASI	181
16.3	ANALITIK LATENCY, THROUGHPUT, DAN RESOURCE ALLOCATION	182
16.4	SURROGATE MODEL UNTUK PREDIKSI KPI	183
16.5	PREDICTIVE-PRESCRIPTIVE ANALYTICS DALAM TELEKOMUNIKASI.....	184
16.6	INTERVAL-BASED TARGET DALAM PENGAMBILAN KEPUTUSAN.....	185
16.7	BEHAVIORAL INTERVAL GOAL PROGRAMMING UNTUK MULTI-KPI	185
16.8	EVALUASI KINERJA MULTI-KPI.....	187
16.9	SENSITIVITY ANALYSIS DAN ROBUSTNESS TESTING	188
16.10	DASHBOARD BI UNTUK NETWORK DECISION SUPPORT.....	188
16.11	STUDI KASUS BERBASIS RISET.....	189
BAB 17	191
VISUALISASI DATA DAN DASHBOARD BUSINESS INTELLIGENCE		191
17.1	PRINSIP VISUALISASI DATA	191
17.2	GRAFIK STATISTIK UNTUK DATA SCIENCE	191
17.3	HEATMAP, RADAR CHART, LINE CHART, BAR CHART, DAN DUMBBELL PLOT.....	192
17.4	VISUALISASI KORELASI DAN POLA DATA.....	195
17.5	DASHBOARD INTERAKTIF	196
17.6	DESAIN DASHBOARD EKSEKUTIF	197
17.7	DATA STORYTELLING	198
17.8	VISUALISASI UNTUK LAPORAN AKADEMIK DAN MANAJERIAL.....	198
17.9	KESALAHAN UMUM DALAM VISUALISASI DATA.....	199
17.10	STANDAR VISUALISASI UNTUK PUBLIKASI ILMIAH	200
BAB 18	201
EVALUASI MODEL, VALIDASI, DAN ROBUSTNESS ANALYSIS.....		201
18.1	PRINSIP EVALUASI MODEL.....	201
18.2	TRAIN-TEST SPLIT DAN CROSS-VALIDATION	201
18.3	K-FOLD CROSS-VALIDATION	202
18.4	EVALUASI MODEL REGRESI	203
18.5	EVALUASI MODEL KLASIFIKASI	204
18.6	EVALUASI MODEL CLUSTERING	205
18.7	ABLATION STUDY	206
18.8	SENSITIVITY ANALYSIS.....	207
18.9	ROBUSTNESS TESTING	207
18.10	REPRODUCIBILITY DAN PELAPORAN HASIL EKSPERIMEN	208
BAB 19	210
ARSITEKTUR SISTEM DATA SCIENCE DAN BUSINESS INTELLIGENCE.....		210
19.1	ARSITEKTUR SISTEM ANALITIK MODERN	210
19.2	DATA PIPELINE.....	211
19.3	MODEL PIPELINE.....	211
19.4	DEPLOYMENT MODEL MACHINE LEARNING.....	212
19.5	MLOPS DAN MODEL MONITORING.....	213
19.6	INTEGRASI BI DASHBOARD DENGAN MODEL PREDIKTIF	215
19.7	CLOUD-BASED ANALYTICS	216
19.8	DATA GOVERNANCE DAN METADATA MANAGEMENT	217
19.9	KEAMANAN DATA DAN AKSES PENGGUNA.....	218
19.10	RANCANGAN SISTEM DATA-DRIVEN ORGANIZATION.....	219
BAB 20	221
MASA DEPAN DATA SCIENCE DAN BUSINESS INTELLIGENCE.....		221
20.1	PERKEMBANGAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE DAN GENERATIVE AI.....	221
20.2	AUGMENTED ANALYTICS	222
20.3	AUTOMATED MACHINE LEARNING	223
20.4	REAL-TIME DECISION INTELLIGENCE.....	224

20.5	HUMAN-CENTERED ARTIFICIAL INTELLIGENCE	224
20.6	RESPONSIBLE AI DAN ETHICAL ANALYTICS	225
20.7	INTEGRASI DATA SCIENCE, BI, DAN DIGITAL TWIN	226
20.8	TANTANGAN SDM DATA DI INDONESIA	226
20.9	AGENDA RISET MASA DEPAN	227
20.10	KESIMPULAN UMUM BUKU.....	228
BAGIAN PENUTUP		229
DAFTAR PUSTAKA		231
GLOSARIUM		236
INDEKS		241

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 1.1 TRANSFORMASI DATA MENJADI INFORMASI, PENGETAHUAN, DAN KEPUTUSAN	2
GAMBAR 1.2 HUBUNGAN DATA SCIENCE, BUSINESS INTELLIGENCE, AI, DAN MACHINE LEARNING.....	4
GAMBAR 1.3 POSISI DATA SEBAGAI ASET STRATEGIS ORGANISASI	5
GAMBAR 2.1 SIKLUS HIDUP DATA SCIENCE	9
GAMBAR 2.3 DIMENSI DAN KATEGORI ANALITIK BISNIS (R.B.Y SYAH ETL AL 2025 HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.DAJOUR.2025.100626)	17
GAMBAR 2.2 KOMPONEN UTAMA DATA SCIENCE (DATA, METODE, MODEL, DOMAIN, KEPUTUSAN)	17
GAMBAR 3.1 ARSITEKTUR DASAR BUSINESS INTELLIGENCE	19
GAMBAR 4.1 KERANGKA METODOLOGI PENELITIAN BERBASIS DATA	30
GAMBAR 4.2 ALUR CRISP-DM ATAU KNOWLEDGE DISCOVERY IN DATABASE	32
GAMBAR 5.1 PIPELINE PREPROCESSING DATA	43
GAMBAR 5.2 PENANGANAN MISSING VALUE, OUTLIER, ENCODING, NORMALISASI.....	44
GAMBAR 5.3 PCA ATAU REDUKSI DIMENSI SECARA KONSEPTUAL.....	49
GAMBAR 5.4 INTEGRATIF FEATURE PCA+ MPSO-GSO AND ENSEMBLE LEARNING (R.B.Y SYAH ET. AL 2025)	50
GAMBAR 5.5 VARIANS YANG DIJELASKAN DAN VARIANS KUMULATIF KOMPONEN UTAMA DALAM PCA.....	51
GAMBAR 5.6 VISUALISASI HASIL PENGURANGAN DIMENSI MENGGUNAKAN PCA, T-SNE, ISOMAP, DAN LLE.....	52
GAMBAR 6.1 PETA SUPERVISED, UNSUPERVISED, DAN REINFORCEMENT LEARNING.....	58
GAMBAR 6.3 PERBANDINGAN REGRESI, KLASIFIKASI, DAN CLUSTERING	59
GAMBAR 6.2 ALUR PELATIHAN MODEL MACHINE LEARNING.....	59
GAMBAR 7.1 PERBANDINGAN DESCRIPTIVE, DIAGNOSTIC, PREDICTIVE, PRESCRIPTIVE ANALYTICS.....	73
GAMBAR 7.2 PERILAKU KONSUMEN DALAM INTERAKSI DATA E-METRIKS.....	75
GAMBAR 9.1 PREDIKSI MODEL DENGAN LIME DAN SHAP.....	96
GAMBAR 9.2 EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE	96
GAMBAR 9.3 INTEPRETASI GLOBAL DAN LOKAL.....	99
GAMBAR 10.1 FUZZY SET DAN MEMBERSHIP FUZZY SET DAN MEMBERSHIP FUNCTION.....	107
GAMBAR 10.2 SPHERICAL FUZZY SET	109
GAMBAR 10.4 INTEGRASI PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS, COMPLEXITY PREDICTION, DAN SPHERICAL FUZZY	112
GAMBAR 10. 3 DATA SCIENCE DAN BUSINESS INTELLIGENCE KARENA MAMPU MENGGABUNGAN REDUKSI DIMENSI, PREDIKSI, DAN KETIDAKPASTIAN DALAM SATU KERANGKA KEPUTUSAN	112
GAMBAR 11.1 DATA SOURCE PERILAKU KONSUMEN.....	119
GAMBAR 11.2 DATA SOURCE PROFIL PELANGGAN	120
GAMBAR 12.1 INTEGRASI DATA AKADEMIK, KEUANGAN, ASET, DAN SUMBER DAYA, TRIDARMA PERGURURAN TINGGI.....	131
GAMBAR 13.1 METODOLOGI KERANGKA KERJA OPTIMASI MULTIOBJEKTIF STOKASTIK BERBASIS DATA UNTUK DISTRIBUSI KKS, MENINTEGRASIKAN MODEL NETRAL RISIKO (RN), MENGHINDARI RISIKO (RA), DAN NILAI BERISIKO BERSYARAT (CVAR) UNTUK MENYEIMBANGKAN CAKUPAN, KEADILAN, DAN EFISIENSI BIAYA, DIVALIDASI MELALUI PENGUJIAN BALIK, ANALISIS SENSITIVITAS, DAN PENGUJIAN KETAHANAN. (R.B.Y SYAH ET AL 2026).....	143
GAMBAR 13.2 ALGORITMA PENDEKATAN MODEL KOMPUTASIONAL A) MODEL NETRAL RISIKO (RN).....	146
GAMBAR 13.3 EXPLAINABLE AI UNTUK INTERPRETASI FAKTOR PRODUKSI.....	149
GAMBAR 13.4 DASBOARD BI MANAJEMEN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT	151
GAMBAR 13. 5 ANALITIK DISTRIBUSI DAN PREDIKSI BENIH KELAPA SAWIT	152
GAMBAR 14.1 DIGITAL FOOTPRINT DAPAT DIGUNAKAN SEBAGAI FITUR DALAM MODEL CREDIT SCORING. MISALNYA, FITUR RECENCY, FREQUENCY, MONETARY, VOLATILITY, GROWTH TREND, REPAYMENT BEHAVIOR, DAN CUSTOMER ENGAGEMENT DAPAT DIGUNAKAN UNTUK MEMBANGUN MODEL RISIKO	157
GAMBAR 14.2 DASHBOARD KEUANGAN DIGITAL DAN RISIKO KREDIT.....	163
GAMBAR 14.3 DASHBOARD MONITORING UMKM BINAAN	165
GAMBAR 15.1 DATA KORDINAT LOKASI, DAN PETA OPERASIONAL.....	169
GAMBAR 15.2 GEOFENCING DALAM SYSTEM MONITORING.....	170
GAMBAR 15.3 INTEGRASI KONSEP, METODE KOMBINASI STUDI KASUS KLUSTER SDM PERKEBUNAN	176
GAMBAR 16.1 DATA SCIENCE DALAM INDUSTRI TELEKOMUNIKASI.....	181
GAMBAR 16. 2 ANALITIK LATENCY, THROUGHPUT, DAN RESOURCE ALLOCATION	183
GAMBAR 17.1 HEATMAP ANTARVARIABEL	193

GAMBAR 17.2 RADAR CHART	193
GAMBAR 17.3 LINE CHART	193
GAMBAR 17.4 BAR CHART	194
GAMBAR 17.5 DUMBBELL PLOT	194
GAMBAR 17.6 VISUALISASI KORELASI DAN POLA DATA	196
GAMBAR 17.7 DASHBOARD INTERAKTIF	197
GAMBAR 19.1 DEPLOYMENT MODEL MACHINE LEARNING	213
GAMBAR 19.2 MLOPS ATAU MACHINE LEARNING OPERATIONS	214
GAMBAR 19.3 INTEGRASI DASHBOARD BUSINESS INTELLIGENCE DENGAN MODEL PREDIKTIF	216
GAMBAR 19.4 DATA GOVERNANCE DAN METADATA MANAGEMENT	218
GAMBAR 19.5 KEAMANAN DATA DAN AKSES PENGGUNA	219
GAMBAR 19.6 RANCANGAN SISTEM DATA-DRIVEN ORGANIZATION	220
GAMBAR 20.1 PETA TREN MASA DEPAN: AI, GENERATIVE AI, AUTOML, AUGMENTED ANALYTICS, DIGITAL TWIN	222
GAMBAR 20.2 ROADMAP MASA DEPAN ORGANISASI BERBASIS DATA	222

PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku **Data Science dan Business Intelligence Berbasis Riset untuk Pengambilan Keputusan Strategis** ini dapat disusun sebagai salah satu referensi akademik dalam bidang ilmu data, kecerdasan bisnis, kecerdasan buatan, dan sistem pendukung keputusan.

Perkembangan transformasi digital telah mendorong organisasi untuk tidak lagi memandang data hanya sebagai catatan administratif, melainkan sebagai aset strategis yang memiliki nilai penting dalam perencanaan, pengendalian, evaluasi, dan pengambilan keputusan. Dalam lingkungan yang semakin kompleks, cepat berubah, dan penuh ketidakpastian, organisasi membutuhkan pendekatan yang mampu mengubah data menjadi informasi, pengetahuan, prediksi, rekomendasi, dan tindakan strategis. Oleh karena itu, Data Science dan Business Intelligence menjadi dua bidang yang sangat penting untuk dipahami dan diterapkan secara terintegrasi.

Buku ini disusun untuk memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai konsep, metode, model, dan aplikasi Data Science serta Business Intelligence. Pembahasan dimulai dari konsep dasar data sebagai aset strategis, fondasi Data Science, fondasi Business Intelligence, metodologi penelitian berbasis data, manajemen data, machine learning, predictive analytics, prescriptive analytics, explainable artificial intelligence, fuzzy decision system, evaluasi model, visualisasi data, arsitektur sistem analitik, hingga masa depan Data Science dan Business Intelligence dalam era Artificial Intelligence dan Generative AI.

Keunggulan buku ini terletak pada keterpaduan antara teori, metode, dan aplikasi berbasis riset. Buku ini tidak hanya membahas algoritma atau model secara teknis, tetapi juga menempatkannya dalam konteks pengambilan keputusan organisasi. Beberapa aplikasi yang dibahas mencakup analisis perilaku konsumen, tata kelola perguruan tinggi, sektor perkebunan dan pertanian, UMKM dan credit scoring, telekomunikasi berbasis multi-KPI, geofencing, traceability, dashboard Business Intelligence, serta decision support system.

Selain aspek teknis, buku ini juga menekankan pentingnya interpretabilitas, validasi, etika, tata kelola data, keamanan, dan tanggung jawab penggunaan model. Hal ini penting karena sistem analitik modern tidak cukup hanya akurat, tetapi juga harus dapat dijelaskan, dipercaya, adil, transparan, dan dapat dipertanggungjawabkan. Oleh sebab itu, pembahasan mengenai Explainable AI, SHAP, LIME, uncertainty-aware analytics, responsible AI, human-centered AI, data governance, dan ethical analytics menjadi bagian penting dalam buku ini.

Buku ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi mahasiswa, dosen, peneliti, praktisi, analis data, pengembang sistem, pengelola dashboard, pimpinan organisasi, dan pengambil kebijakan yang ingin memahami serta menerapkan Data Science dan Business Intelligence dalam mendukung pengambilan keputusan strategis. Buku ini juga dapat digunakan sebagai bahan

ajar, rujukan penelitian, panduan pengembangan sistem analitik, serta dasar dalam membangun budaya organisasi berbasis data.

Penulis menyadari bahwa perkembangan Data Science dan Business Intelligence sangat dinamis. Oleh karena itu, buku ini tidak dimaksudkan sebagai akhir dari pembahasan, tetapi sebagai fondasi awal untuk pengembangan kajian, penelitian, dan implementasi lebih lanjut. Kritik, saran, dan masukan yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan buku ini pada masa mendatang.

Akhir kata, semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, peningkatan literasi data, penguatan riset terapan, serta pembangunan organisasi yang lebih cerdas, adaptif, dan berbasis keputusan yang ilmiah.

Medan, 2026

Penulis

Data Science dan Business Intelligence Berbasis Riset untuk Pengambilan Keputusan Strategis merupakan buku referensi akademik yang membahas bagaimana data dapat dikelola, dianalisis, dimodelkan, divisualisasikan, dan dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan organisasi. Buku ini disusun untuk menjawab kebutuhan era transformasi digital, ketika data tidak lagi hanya dipandang sebagai catatan administratif, tetapi sebagai aset strategis yang mampu menghasilkan pengetahuan, prediksi, rekomendasi, dan nilai manajerial.

Buku ini mengintegrasikan konsep Data Science, Business Intelligence, Machine Learning, Artificial Intelligence, Predictive Analytics, Prescriptive Analytics, Explainable AI, Fuzzy Decision System, dan Decision Support System dalam satu kerangka pembahasan yang runut. Pada bagian awal, pembaca diperkenalkan pada fondasi data sebagai aset strategis, konsep dasar Data Science, fondasi Business Intelligence, metodologi penelitian berbasis data, serta manajemen data dan pra-pemrosesan. Bagian ini menjadi dasar penting agar pembaca memahami bahwa keberhasilan analitik tidak hanya ditentukan oleh algoritma, tetapi juga oleh kualitas data, desain metodologi, dan tata kelola informasi.

Pada bagian metodologis, buku ini membahas machine learning, model regresi, klasifikasi, clustering, ensemble learning, predictive analytics, prescriptive analytics, evaluasi model, validasi, robustness analysis, serta arsitektur sistem Data Science dan BI. Pembahasan disusun secara akademik namun aplikatif, sehingga dapat digunakan oleh mahasiswa, dosen, peneliti, analis data, praktisi teknologi informasi, dan pengambil kebijakan yang ingin memahami proses analitik dari hulu hingga hilir.

Keunggulan buku ini terletak pada keterpaduan antara teori, metode, dan aplikasi berbasis riset. Berbagai contoh penerapan diarahkan pada konteks nyata, seperti analisis perilaku konsumen, tata kelola perguruan tinggi, manajemen aset dan keuangan organisasi, perkebunan dan pertanian, UMKM dan credit scoring, telekomunikasi berbasis multi-KPI, geofencing, traceability, dashboard Business Intelligence, serta visualisasi data untuk publikasi ilmiah dan laporan manajerial.

Buku ini juga memberikan perhatian khusus pada aspek interpretabilitas, ketidakpastian, etika, dan tanggung jawab penggunaan AI. Pembahasan mengenai Explainable AI, SHAP, LIME, fuzzy logic, spherical fuzzy set, responsible AI, human-centered AI, dan ethical analytics menunjukkan bahwa sistem analitik modern tidak cukup hanya akurat, tetapi juga harus dapat dijelaskan, dipercaya, adil, dan dapat dipertanggungjawabkan.

Pada bagian akhir, buku ini membahas masa depan Data Science dan Business Intelligence, termasuk perkembangan Generative AI, augmented analytics, AutoML, real-time decision intelligence, digital twin, serta tantangan sumber daya manusia data di Indonesia. Dengan demikian, buku ini tidak hanya menjadi rujukan konseptual, tetapi juga memberikan arah strategis bagi pengembangan organisasi berbasis data pada masa depan.