

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	i
KATA PENGANTAR	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Machine Learning</i>	7
2.1.1 Pengenalan <i>Machine Learning</i>	7
2.1.2 Penerapan <i>Machine Learning</i>	8
2.1.3 Jenis <i>Machine Learning</i>	9
2.1.4 Metodologi <i>Machine Learning</i>	10
2.2 Analisis Regresi Linier	15
2.3 <i>Gradient Descent</i> dan Variasinya.....	17
2.3.1 <i>Gradient Descent</i>	17
2.3.2 <i>Mini-Batch Gradient Descent (MBGD)</i>	24
2.3.3 <i>Stochastic Gradient Descent (SGD)</i>	26
2.3.4 <i>Stochastic Average Gradient Descent (SAGD)</i>	28
2.3.5 <i>Momentum Gradient Descent (MGD)</i>	30
2.3.6 <i>Accelerated Gradient Descent (AGD)</i>	32

2.3.7	<i>Adaptive Subgradient Method (Adagrad)</i>	34
2.3.8	<i>Adadelta</i>	36
2.3.9	<i>RMSprop</i>	38
2.3.10	<i>Adaptive Moment Estimation (Adam)</i>	40
2.3.11	<i>Stochastic Variance Reduced Gradient (SVRG)</i>	42
2.3.12	<i>Semi Stochastic Gradient Descent (SSGD)</i>	45
2.3.13	<i>Stochastic Recursive Gradient Algorithm (SARAH)</i>	46
2.3.14	<i>Stochastic Recursive Gradient Algorithm+ (SARAH+)</i>	48
2.4	Bahasa Pemrograman R dan Lingkungan Pengembangannya	51
2.4.1	Pengenalan R.....	51
2.4.2	Instalasi Bahasa Pemrograman R.....	51
2.4.3	<i>Comprehensive R Archive Network (CRAN)</i>	53
2.4.4	Pengembangan <i>R Package</i>	54
2.5	Faktor Kompresibilitas Gas	58
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		62
3.1	Desain Penelitian	62
3.2	Metode Penelitian	64
3.2.1	Studi Literatur	64
3.2.2	Proses Pengembangan Perangkat Lunak.....	65
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	66
3.3.1	Alat Penelitian.....	66
3.3.2	Bahan Penelitian.....	66
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		67
4.1	Pengumpulan Data	67
4.2	Pengembangan <i>R Package</i>	70
4.2.1	Analisis (<i>Analysis</i>)	70
4.2.2	Perancangan (<i>Design</i>)	70
4.2.3	Kode Program (<i>Code</i>)	72
4.2.4	Pengujian Program (<i>Test</i>).....	91
4.2.5	Pengajuan <i>R Package</i> ke CRAN	104
4.3	Perancangan Eksperimen dan Simulasi <i>R Package</i>	108
4.3.1	Simulasi Skenario 1: Metode <i>GD</i>	110
4.3.2	Simulasi Skenario 2: Metode <i>MBGD</i>	110

4.3.3	Simulasi Skenario 3: Metode <i>SGD</i>	111
4.3.4	Simulasi Skenario 4: Metode <i>SAGD</i>	112
4.3.5	Simulasi Skenario 5: Metode <i>MGD</i>	112
4.3.6	Simulasi Skenario 6: Metode <i>AGD</i>	113
4.3.7	Simulasi Skenario 7: Metode <i>Adagrad</i>	114
4.3.8	Simulasi Skenario 8: Metode <i>Adadelta</i>	114
4.3.9	Simulasi Skenario 9: Metode <i>RMSProp</i>	115
4.3.10	Simulasi Skenario 10: Metode <i>Adam</i>	116
4.3.11	Simulasi Skenario 11: Metode <i>SVRG</i>	116
4.3.12	Simulasi Skenario 12: Metode <i>SSGD</i>	117
4.3.13	Simulasi Skenario 13: Metode <i>SARAH</i>	118
4.3.14	Simulasi Skenario 14: Metode <i>SARAH+</i>	118
4.4	Pembahasan dan Perbandingan Hasil Eksperimen	119
4.4.1	Hasil Skenario 1 (GD)	119
4.4.2	Hasil Skenario 2 (MBGD)	121
4.4.3	Hasil Skenario 3 (SGD)	123
4.4.4	Hasil Skenario 4 (SAGD)	126
4.4.5	Hasil Skenario 5 (MGD)	128
4.4.6	Hasil Skenario 6 (AGD)	130
4.4.7	Hasil Skenario 7 (Adagrad)	132
4.4.8	Hasil Skenario 8 (Adadelta)	134
4.4.9	Hasil Skenario 9 (RMSProp)	136
4.4.10	Hasil Skenario 10 (Adam)	138
4.4.11	Hasil Skenario 11 (SVRG)	140
4.4.12	Hasil Skenario 12 (SSGD)	142
4.4.13	Hasil Skenario 13 (SARAH)	144
4.4.14	Hasil Skenario 14 (SARAH+)	146
4.4.15	Perbandingan Hasil Eksperimen	148
4.5	Perbandingan nilai RMSE dengan Software Library lainnya.	152
4.5.1	Software Library untuk Model Linier	152
4.5.2	Simulasi dan Hasil Perbandingan	153
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		157
5.1	Kesimpulan	157

5.2	Saran	157
	DAFTAR PUSTAKA	159
	LAMPIRAN	165

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tahapan masalah <i>machine learning</i>	7
Gambar 2.2	Metodologi <i>machine learning</i>	11
Gambar 2.3	Kode fungsi <code>minmaxScaling()</code> (Handian, dkk, 2016).....	12
Gambar 2.4	Kode fungsi <code>varianceScaling()</code> (Handian, dkk, 2016)	13
Gambar 2.5	Contoh kode pembuatan <code>dataSet</code>	14
Gambar 2.6	Regresi Linier Nilai Penjualan pada Anggaran Iklan (Fumo , 2017) 16	
Gambar 2.7	Algoritma GD (Cauchy, 1847).....	18
Gambar 2.8	Kode fungsi <code>GD()</code> (Handian, dkk, 2016)	19
Gambar 2.9	Hasil plot data hasil penjualan emas	21
Gambar 2.10	Hasil plot prediksi awal harga penjualan emas	22
Gambar 2.11	Perhitungan manual <i>gradient descent</i> pada data penjualan emas ...	23
Gambar 2.12	Perbandingan prediksi awal (merah) dan GD (biru)	23
Gambar 2.13	Proses yang terjadi pada GD ketika <i>step-size</i> terlalu besar (kiri) dan kecil (kanan) (Raschka, 2016).....	24
Gambar 2.14	Algoritma <i>MBGD</i>	25
Gambar 2.15	Kode fungsi <code>MBGD()</code> (Handian, dkk, 2016).....	26
Gambar 2.16	Algoritma SGD (Bottou, 2010)	27
Gambar 2.17	Kode fungsi <code>SGD()</code> (Handian, dkk, 2016).....	28
Gambar 2.18	Algoritma <i>SAGD</i> (Schmidt, dkk, 2013)	29
Gambar 2.19	Kode Fungsi <code>SAGD()</code> (Handian, dkk, 2016).....	30
Gambar 2.20	Algoritma <i>MGD</i>	31
Gambar 2.21	Kode fungsi <code>MGD()</code> (Handian, dkk, 2016).....	32
Gambar 2.22	Algoritma <i>AGD</i>	33
Gambar 2.23	Kode fungsi <code>AGD()</code> (Handian, dkk, 2016).....	34
Gambar 2.24	Algoritma <i>Adagrad</i>	35
Gambar 2.25	Kode fungsi <code>ADAGRAD()</code> (Handian, dkk, 2016)	36

Gambar 2.26 Algoritma <i>Adadelta</i>	37
Gambar 2.27 Kode fungsi <i>ADADELTA</i> () (Handian, dkk, 2016).....	38
Gambar 2.28 Algoritma <i>RMSprop</i>	39
Gambar 2.29 Kode fungsi <i>RMSPROP</i> () (Handian, dkk, 2016)	40
Gambar 2.30 Algoritma <i>Adam</i>	41
Gambar 2.31 Kode fungsi <i>ADAM</i> () (Handian, dkk, 2016).....	42
Gambar 2.32 Algoritma <i>SVRG</i> (Johnson & Zhang, 2013).....	43
Gambar 2.33 Kode fungsi <i>SVRG</i> ()	44
Gambar 2.34 Algoritma <i>SSGD</i> (Papamakarios, 2014).....	45
Gambar 2.35 Kode fungsi <i>SSGD</i> ()	46
Gambar 2.36 Algoritma <i>SARAH</i> (Nguyen, dkk, 2017).....	47
Gambar 2.37 Kode Fungsi <i>SARAH</i> ()	48
Gambar 2.38 Algoritma <i>SARAH+</i> (Nguyen, dkk, 2017)	49
Gambar 2.39 Kode fungsi <i>SARAHPlus</i> ()	50
Gambar 2.40 Halaman untuk mengunduh R.....	52
Gambar 2.41 Antarmuka dari RGui	52
Gambar 2.42 Antarmuka GUI RStudio.....	53
Gambar 2.43 Halaman web informasi <i>package</i> ‘gradDescent’	54
Gambar 2.44 Proses pengiriman <i>R package</i> ke <i>CRAN</i>	56
Gambar 2.45 Simpangan berbagai gas nyata terhadap gas ideal berdasarkan keadaan tekanan dalam skala Bar (Chemguide, 2016)	58
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	62
Gambar 3.2 Model sekuensial linier (Pressman, 2002)	65
Gambar 4.1 Bentuk data asli sebelum disalin dan dikonversi	67
Gambar 4.2 Kode untuk membuat <i>dataset</i>	69
Gambar 4.3 Kode import berkas <i>RData</i>	70
Gambar 4.4 Model <i>DFD gradDescentR</i>	71
Gambar 4.5 Fungsi yang dirancang beserta alur penggunaanya.....	73
Gambar 4.6 Kode Fungsi <i>varianceScaling</i> ()	74
Gambar 4.7 Kode fungsi <i>minmaxScaling</i> ()	74
Gambar 4.8 Kode fungsi <i>splitData</i> ()	75

Gambar 4.9 Kode fungsi <code>GD()</code>	76
Gambar 4.10 Kode fungsi <code>MBGD()</code>	76
Gambar 4.11 Kode fungsi <code>SGD()</code>	77
Gambar 4.12 Kode fungsi <code>SAGD()</code>	78
Gambar 4.13 Kode fungsi <code>MGD()</code>	79
Gambar 4.14 Kode fungsi <code>AGD()</code>	80
Gambar 4.15 Kode fungsi <code>ADAGRAD()</code>	81
Gambar 4.16 Kode fungsi <code>ADADELTA()</code>	82
Gambar 4.17 Kode fungsi <code>RMSProp()</code>	83
Gambar 4.18 Kode fungsi <code>ADAM()</code>	84
Gambar 4.19 Kode fungsi <code>SVRG()</code>	85
Gambar 4.20 Kode fungsi <code>SSGD()</code>	86
Gambar 4.21 Kode fungsi <code>SARAH()</code>	87
Gambar 4.22 Kode fungsi <code>SARAHPlus()</code>	88
Gambar 4.23 Kode fungsi <code>predictData()</code>	89
Gambar 4.24 Kode fungsi <code>varianceDescaling()</code>	90
Gambar 4.25 Kode fungsi <code>minmaxDescaling()</code>	90
Gambar 4.26 Kode fungsi <code>RMSE()</code>	91
Gambar 4.27 Pengujian fungsi <code>varianceScaling()</code>	92
Gambar 4.28 Pengujian fungsi <code>minmaxScaling()</code>	93
Gambar 4.29 Pengujian fungsi <code>splitData()</code>	94
Gambar 4.30 Pengujian fungsi <code>GD()</code>	95
Gambar 4.31 Pengujian fungsi <code>MBGD()</code>	95
Gambar 4.32 Pengujian fungsi <code>SGD()</code>	95
Gambar 4.33 Pengujian fungsi <code>SAGD()</code>	96
Gambar 4.34 Pengujian fungsi <code>MGD()</code>	96
Gambar 4.35 Pengujian fungsi <code>AGD()</code>	97
Gambar 4.36 Pengujian fungsi <code>ADAGRAD()</code>	97
Gambar 4.37 Pengujian fungsi <code>ADADELTA()</code>	97
Gambar 4.38 Pengujian fungsi <code>RMSPROP()</code>	98

Gambar 4.39 Pengujian fungsi <code>ADAM()</code>	98
Gambar 4.40 Pengujian fungsi <code>SVRG()</code>	99
Gambar 4.41 Pengujian fungsi <code>SSGD()</code>	99
Gambar 4.42 Pengujian fungsi <code>SARAH()</code>	100
Gambar 4.43 Pengujian fungsi <code>SARAHPlus()</code>	100
Gambar 4.44 Pengujian fungsi <code>prediction()</code>	101
Gambar 4.45 Pengujian fungsi <code>varianceDescaling()</code>	102
Gambar 4.46 Pengujian fungsi <code>minmaxDescaling()</code>	103
Gambar 4.47 Pengujian fungsi <code>RMSE()</code>	104
Gambar 4.48 Contoh komentar untuk dokumentasi manual.....	105
Gambar 4.49 <i>Log</i> pengujian <i>CRAN</i>	106
Gambar 4.50 Halaman pengajuan <i>R Package</i> di <i>CRAN</i>	107
Gambar 4.51 Halaman <i>package gradDescent</i>	108
Gambar 4.52 Rancangan eksperimen.....	109
Gambar 4.53 Simulasi <i>GD</i>	110
Gambar 4.54 Simulasi <i>MBGD</i>	111
Gambar 4.55 Simulasi <i>SGD</i>	111
Gambar 4.56 Simulasi <i>SAGD</i>	112
Gambar 4.57 Simulasi <i>MGD</i>	113
Gambar 4.58 Simulasi <i>AGD</i>	113
Gambar 4.59 Simulasi <i>Adagrad</i>	114
Gambar 4.60 Simulasi <i>Adadelta</i>	115
Gambar 4.61 Simulasi <i>RMSprop</i>	115
Gambar 4.62 Simulasi <i>Adam</i>	116
Gambar 4.63 Simulasi <i>SVRG</i>	117
Gambar 4.64 Simulasi <i>SSGD</i>	117
Gambar 4.65 Simulasi <i>SARAH</i>	118
Gambar 4.66 Simulasi <i>SARAH+</i>	119
Gambar 4.67 Hasil prediksi metode <i>GD</i>	120
Gambar 4.68 Perubahan nilai <i>RMSE</i> metode <i>GD</i>	121
Gambar 4.69 Hasil prediksi metode <i>MBGD</i>	122

Gambar 4.70 Perubahan nilai <i>RMSE</i> metode <i>MBGD</i>	123
Gambar 4.71 Hasil prediksi metode <i>SGD</i>	124
Gambar 4.72 Perubahan nilai <i>RMSE</i> metode <i>SGD</i>	125
Gambar 4.73 Hasil prediksi metode <i>SAGD</i>	126
Gambar 4.74 Perubahan nilai <i>RMSE</i> metode <i>SAGD</i>	127
Gambar 4.75 Hasil prediksi metode <i>MGD</i>	128
Gambar 4.76 Perubahan nilai <i>RMSE</i> metode <i>MGD</i>	129
Gambar 4.77 Hasil prediksi metode <i>AGD</i>	130
Gambar 4.78 Perubahan nilai <i>RMSE</i> metode <i>AGD</i>	131
Gambar 4.79 Hasil prediksi metode <i>Adagrad</i>	132
Gambar 4.80 Perubahan nilai <i>RMSE</i> metode <i>Adagrad</i>	133
Gambar 4.81 Hasil prediksi metode <i>Adadelta</i>	134
Gambar 4.82 Perubahan nilai <i>RMSE</i> metode <i>Adadelta</i>	135
Gambar 4.83 Hasil prediksi metode <i>RMSprop</i>	136
Gambar 4.84 Perubahan nilai <i>RMSE</i> metode <i>RMSprop</i>	137
Gambar 4.85 Hasil prediksi metode <i>Adam</i>	139
Gambar 4.86 Perubahan nilai <i>RMSE</i> metode <i>Adam</i>	140
Gambar 4.87 Hasil prediksi metode <i>SVRG</i>	141
Gambar 4.88 Perubahan nilai <i>RMSE</i> metode <i>SVRG</i>	142
Gambar 4.89 Hasil prediksi metode <i>SSGD</i>	143
Gambar 4.90 Perubahan nilai <i>RMSE</i> metode <i>SSGD</i>	144
Gambar 4.91 Hasil prediksi metode <i>SARAH</i>	145
Gambar 4.92 Perubahan nilai <i>RMSE</i> metode <i>SARAH</i>	146
Gambar 4.93 Hasil prediksi metode <i>SARAH+</i>	147
Gambar 4.94 Perubahan nilai <i>RMSE</i> metode <i>SARAH+</i>	148
Gambar 4.95 Perubahan nilai <i>RMSE</i> pada setiap metode	149
Gambar 4.96 Perbandingan prediksi semua metode	151
Gambar 4.97 Simulasi <i>lm()</i>	153
Gambar 4.98 Simulasi <i>scikit-learn</i>	154
Gambar 4.99 Simulasi WEKA.....	155

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Minmax Scaling</i> Data Harga Beras	12
Tabel 2.2 Contoh ilustrasi bentuk <i>dataSet</i>	14
Tabel 2.3 <i>Variance Scaling</i> Data Harga Beras.....	14
Tabel 2.4 Data asli harga penjualan emas	20
Tabel 2.5 Data normalisasi harga penjualan emas	20
Tabel 4.1 Data hasil konversi dan nilai <i>z-factor</i>	68
Tabel 4.2 <i>Dataset z-factor</i>	69
Tabel 4.3 Hasil prediksi metode <i>GD</i>	119
Tabel 4.4 Hasil <i>RMSE</i> dan waktu eksekusi <i>GD</i>	120
Tabel 4.5 Hasil prediksi metode <i>MBGD</i>	121
Tabel 4.6 Hasil <i>RMSE</i> dan waktu eksekusi <i>MBGD</i>	122
Tabel 4.7 Hasil prediksi metode <i>SGD</i>	124
Tabel 4.8 Hasil <i>RMSE</i> dan waktu eksekusi <i>SGD</i>	125
Tabel 4.9 Hasil prediksi metode <i>SAGD</i>	126
Tabel 4.10 Hasil <i>RMSE</i> dan waktu eksekusi <i>SAGD</i>	127
Tabel 4.11 Hasil prediksi metode <i>MGD</i>	128
Tabel 4.12 Hasil <i>RMSE</i> dan waktu eksekusi <i>MGD</i>	129
Tabel 4.13 Hasil prediksi metode <i>AGD</i>	130
Tabel 4.14 Hasil <i>RMSE</i> dan waktu eksekusi <i>AGD</i>	131
Tabel 4.15 Hasil prediksi metode <i>Adagrad</i>	132
Tabel 4.16 Hasil <i>RMSE</i> dan waktu eksekusi <i>Adagrad</i>	133
Tabel 4.17 Hasil prediksi metode <i>Adadelta</i>	134
Tabel 4.18 Hasil <i>RMSE</i> dan waktu eksekusi <i>Adadelta</i>	135
Tabel 4.19 Hasil prediksi metode <i>RMSProp</i>	136
Tabel 4.20 Hasil <i>RMSE</i> dan waktu eksekusi <i>RMSprop</i>	137
Tabel 4.21 Hasil prediksi metode <i>Adam</i>	138
Tabel 4.22 Hasil <i>RMSE</i> dan waktu eksekusi <i>Adam</i>	139
Tabel 4.23 Hasil prediksi metode <i>SVRG</i>	140
Tabel 4.24 Hasil <i>RMSE</i> dan waktu eksekusi <i>SVRG</i>	141
Tabel 4.25 Hasil prediksi metode <i>SSGD</i>	142

Tabel 4.26 Hasil <i>RMSE</i> dan waktu eksekusi <i>SSGD</i>	143
Tabel 4.27 Hasil prediksi metode <i>SARAH</i>	144
Tabel 4.28 Hasil <i>RMSE</i> dan waktu eksekusi <i>SARAH</i>	145
Tabel 4.29 Hasil prediksi metode <i>SARAH+</i>	146
Tabel 4.30 Hasil <i>RMSE</i> dan waktu eksekusi <i>SARAH</i>	147
Tabel 4.31 Tabel nilai <i>RMSE</i> dari masing-masing metode.....	148
Tabel 4.32 Nilai rata-rata <i>RMSE</i> dan waktu eksekusi semua metode.....	150
Tabel 4.33 Tabel peringkat berdasarkan rata-rata <i>RMSE</i>	150
Tabel 4.34 Perbandingan nilai <i>RMSE</i> untuk semua <i>tools</i>	155