

DAFTAR ISI

halaman

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSETUJUAN UNGGAH TUGAS AKHIR	
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI	
PERSETUJUAN TIM PENGUJI SKRIPSI	
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR RUMUS	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Climate Change</i>	6
2.2 Reaksi <i>United Nations</i> atau <i>PBB</i>	11
2.2.1 <i>United Nations Conference on Human Environment</i>	11
2.2.2 <i>Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)</i>	12
2.2.3 <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>	13
2.2.4 <i>Protokol Kyoto, Paris Agreement, & COP28</i>	13
2.2.5 <i>Sustainable Development Goals (SDG)</i>	16
2.3 <i>Energy-Rapid Overview and Decision-Support (En-ROADS)</i>	18
2.3.1 <i>Baseline Scenario</i>	22
2.3.2 Variabel-variabel dalam <i>En-ROADS</i>	23
2.3.2.1 <i>Batu Bara / Coal</i>	23
2.3.2.2 <i>Minyak Mentah / Oil</i>	25
2.3.2.3 <i>Gas alam / Natural Gas</i>	27
2.3.2.4 <i>Bioenergy</i>	28
2.3.2.5 <i>Renewables</i>	29
2.3.2.6 <i>Carbon Pricing</i>	31
2.3.2.7 <i>Electrification (Transport)</i>	33
2.3.2.8 <i>Electrification (Buildings & Industry)</i>	35
2.3.2.9 <i>Methane & Other Gases</i>	36
2.3.2.10 <i>Deforestation & Food</i>	37
2.3.2.11 <i>Afforestation & Reforestation</i>	38
2.3.2.12 <i>Technological Carbon Dioxide Removal</i>	39

2.3.2.13	Variabel-Variabel yang Tidak Dimodifikasi	40
2.3.3	<i>IPAT & Kaya Graphs</i>	42
2.4	Analisis Regresi	49
2.4.1	Regresi Linear & Berganda	53
2.4.2	Regresi Linear Teregulasi : <i>LASSO & Ridge</i>	56
2.4.3	<i>Random Forest</i>	58
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Penelitian Pendahuluan	61
3.2	Rumusan Masalah	61
3.3	Tujuan Penelitian	62
3.4	Studi Literatur	62
3.5	Hasil & Pembahasan	62
3.6	Kesimpulan & Saran	64
3.7	Diagram Alur Metode Penelitian	65
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Data En-ROADS Variabel Individu	67
4.1.1	Batu Bara.....	67
4.1.2	Minyak Mentah	70
4.1.3	Gas Alam.....	71
4.1.4	<i>Renewable</i>	73
4.1.5	<i>Bioenergy</i>	74
4.1.6	<i>Carbon Pricing</i>	76
4.1.7	Elektrifikasi Transportasi.....	77
4.1.8	Elektrifikasi Bangunan dan Industri	79
4.1.9	Deforestasi	80
4.1.10	Metana dan Gas Lain	82
4.1.11	Aforestasi	83
4.1.12	<i>Technological Carbon Removal</i>	84
4.2	Hasil Regresi (Linear) Variabel Individu	85
4.2.1	Batu Bara.....	86
4.2.2	Minyak Mentah	89
4.2.3	Gas Alam.....	91
4.2.4	<i>Renewable</i>	93
4.2.5	<i>Bioenergy</i>	96
4.2.6	<i>Carbon Price</i>	98
4.2.7	Elektrifikasi Transportasi.....	100
4.2.8	Elektrifikasi Bangunan dan Industri	103
4.2.9	Deforestasi	105
4.2.10	Metana dan Gas Lain	107
4.2.11	Aforestasi	110
4.2.12	<i>Technological Carbon Removal</i>	111
4.3	Pengambilan Data En-ROADS Keseluruhan	114
4.4	Hasil Regresi.....	116
4.4.1	Regresi Linear Berganda.....	117

4.4.2	Regresi Teregulasi (LASSO/ <i>Least Absolute Shrinkage & Selection Operator</i>).....	128
4.4.3	Regresi Teregulasi (<i>Ridge</i>).....	135
4.4.4	<i>Random Forest</i>	149
4.5	Analisis Hasil Regresi.....	151
4.6	Analisis kebijakan-kebijakan COP dan <i>United Nations</i> atau PBB..	156

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	163
5.2	Saran	164

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

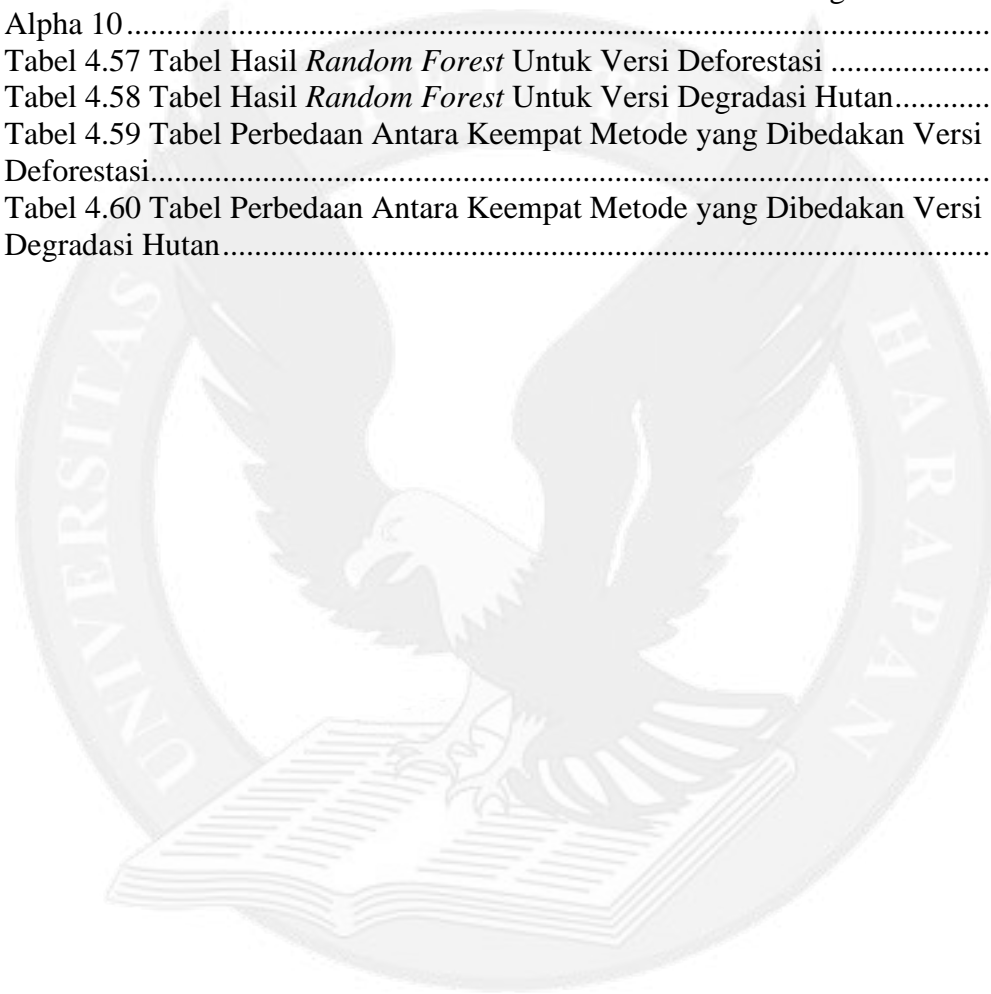
	halaman
Gambar 2.1 Ilustrasi Efek Rumah Kaca	7
Gambar 2.2 Grafik Historis Perubahan Kadar GHG	8
Gambar 2.3 Daftar Dampak yang Bermunculan oleh Kenaikan Suhu Bumi	9
Gambar 2.4 Ilustrasi Perubahan Suhu	10
Gambar 2.5 Grafik Data Suhu Bumi.....	11
Gambar 2.6 Target <i>Sustainable Development Goal</i>	16
Gambar 2.7 Tampilan Utama En-ROADS.....	18
Gambar 2.8 Struktur Model dalam En-ROADS	20
Gambar 2.9 Grafik Perbedaan Hasil En-ROADS dan IAM Lainnya	21
Gambar 2.10 Grafik Populasi Global 2000-2100	44
Gambar 2.11 Grafik GDP per Capita dari tahun ke tahun	45
Gambar 2.12 Grafik <i>Energy Intensity of GDP</i>	46
Gambar 2.13 Grafik Intensitas Karbon	47
Gambar 2.14 Grafik Emisi Karbon Dioksida dari Energi.....	48
Gambar 2.15 Visualisasi Regresi Antara Nilai IPK dan Nilai Ujian Masuk	53
Gambar 2.16 Ilustrasi <i>Random Forest</i>	60
Gambar 3.1 Diagram Alur Metode Penelitian	65
Gambar 3.2 Diagram Alur Pengolahan Data	66
Gambar 4.1 Perbandingan Kasus Saat Ini (Kiri) dengan Pengurangan Batu Bara Secara Ekstrem (Kanan).....	115
Gambar 4.2 Perbandingan Pertumbuhan Energi <i>Renewable</i> Saja (Kiri) dan Semua Energi Baru (Kanan)	116
Gambar 4.3 Grafik Distribusi Normal Untuk Versi Deforestasi.....	120
Gambar 4.4 Grafik Distribusi Normal Untuk Versi Degradasi Hutan.....	123
Gambar 4.5 Grafik Demand Energi Jika Ada Penerapan <i>Carbon Pricing</i> (\$50/Ton CO ₂)	154
Gambar 4.6 Gambar Pertumbuhan Kemampuan dan Konseptualisasi SDG	157
Gambar 4.7 Persentase Energi <i>Renewable</i> yang Digunakan Berdasarkan Sektor	158
Gambar 4.8 Data Kondisi Kehutanan Dunia.....	160

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Tabel Kategori <i>Slider</i> Batu Bara pada En-ROADS	24
Tabel 2.2 Pilihan <i>Slider</i> Untuk Variabel Batu Bara En-ROADS	24
Tabel 2.3 Tabel Kategori <i>Slider</i> Minyak Mentah pada En-ROADS	26
Tabel 2.4 Pilihan <i>Slider</i> Untuk Variabel Minyak Mentah pada En-ROADS	26
Tabel 2.5 Tabel Kategori <i>Slider</i> Gas Alam pada En-ROADS	27
Tabel 2.6 Pilihan <i>Slider</i> Untuk Variabel Gas Alam pada En-ROADS	28
Tabel 2.7 Tabel Kategori <i>Slider</i> Bioenergi pada En-ROADS	28
Tabel 2.8 Pilihan <i>Slider</i> Untuk Variabel Bioenergi pada En-ROADS	29
Tabel 2.9 Tabel Kategori <i>Slider Renewables</i> pada En-ROADS	30
Tabel 2.10 Pilihan <i>Slider</i> Untuk Variabel <i>Renewables</i> pada En-ROADS	30
Tabel 2.11 Tabel Kategori <i>Slider Carbon Pricing</i> pada En-ROADS	32
Tabel 2.12 Pilihan <i>Slider</i> Untuk Variabel <i>Carbon Pricing</i> pada En-ROADS	33
Tabel 2.13 Tabel Kategori <i>Slider</i> Elektrifikasi Transportasi pada En-ROADS ...	34
Tabel 2.14 Pilihan <i>Slider</i> Untuk Variabel Elektrifikasi Transportasi pada En-ROADS	34
Tabel 2.15 Tabel Kategori <i>Slider</i> Elektrifikasi Bangunan dan Industri pada En-ROADS	35
Tabel 2.16 Pilihan <i>Slider</i> Untuk Variabel Elektrifikasi Bangunan dan Industri pada En-ROADS	35
Tabel 2.17 Tabel Kategori <i>Slider</i> Metana dan Gas Lainnya pada En-ROADS	36
Tabel 2.18 Pilihan <i>Slider</i> Untuk Variabel Metana dan Gas Lainnya pada En-ROADS	36
Tabel 2.19 Tabel Kategori <i>Slider</i> Deforestasi pada En-ROADS	37
Tabel 2.20 Pilihan <i>Slider</i> Untuk Variabel Deforestasi pada En-ROADS	37
Tabel 2.21 Tabel <i>Slider</i> Aforestasi & Reforestasi pada En-ROADS	38
Tabel 2.22 Tabel <i>Slider</i> CDR pada En-ROADS	40
Tabel 2.23 Pilihan <i>Slider</i> Untuk Variabel CDR pada En-ROADS	40
Tabel 2.24 Perbedaan Antara Regresi LASSO dan <i>Ridge</i>	57
Tabel 4.1 Sampel Data yang Diambil Untuk Variabel Batu Bara	69
Tabel 4.2 Sampel Data yang Diambil Untuk Variabel Minyak Mentah	71
Tabel 4.3 Sampel Data yang Diambil yang Untuk Variabel Gas Alam	72
Tabel 4.4 Sampel Data yang Diambil Untuk Variabel <i>Renewable</i>	74
Tabel 4.5 Sampel Data yang Diambil Untuk Variabel Bioenergi	75
Tabel 4.6 Sampel Data Untuk Variabel <i>Carbon Pricing</i>	77
Tabel 4.7 Sampel Data Untuk Variabel Elektrifikasi Transportasi	78
Tabel 4.8 Sampel Data yang Diambil Untuk Variabel Elektrifikasi Bangunan dan Industri	80
Tabel 4.9 Sampel Data yang Diambil Untuk Variabel Deforestasi	82
Tabel 4.10 Sampel Data yang Diambil Untuk Variabel Metana dan Gas Lainnya	83
Tabel 4.11 Sampel Data yang Diambil Untuk Variabel Aforestasi	83
Tabel 4.12 Sampel Data yang Diambil Untuk Variabel TCR	85
Tabel 4.13 Tabel Keterangan Hasil Regresi Variabel Batu Bara	86
Tabel 4.14 Tabel Nilai <i>Slider</i> dan Koefisien Untuk Variabel Batu Bara	88

Tabel 4.15 Tabel Keterangan Hasil Regresi Variabel Minyak Mentah.....	89
Tabel 4.16 Tabel Nilai <i>Slider</i> dan Koefisien Untuk Variabel Minyak Mentah	90
Tabel 4.17 Tabel Keterangan Hasil Regresi Variabel Gas Alam.....	91
Tabel 4.18 Tabel Nilai <i>Slider</i> dan Koefisien Untuk Variabel Gas Alam.....	92
Tabel 4.19 Tabel Keterangan Hasil Regresi Variabel <i>Renewable</i>	93
Tabel 4.20 Tabel Nilai <i>Slider</i> dan Koefisien Untuk Variabel <i>Renewable</i>	94
Tabel 4.21 Tabel Keterangan Hasil Regresi Variabel Bioenergi.....	96
Tabel 4.22 Tabel Nilai <i>Slider</i> dan Koefisien Untuk Variabel Bioenergi	97
Tabel 4.23 Tabel Keterangan Hasil Regresi Variabel <i>Carbon Price</i>	98
Tabel 4.24 Tabel Nilai <i>Slider</i> dan Koefisien Untuk Variabel <i>Carbon Pricing</i>	99
Tabel 4.25 Tabel Keterangan Hasil Regresi Variabel Elektrifikasi Transportasi	101
Tabel 4.26 Tabel Nilai <i>Slider</i> dan Koefisien Untuk Variabel Elektrifikasi Transportasi.....	102
Tabel 4.27 Tabel Keterangan Hasil Regresi Variabel Elektrifikasi Bangunan dan Industri	103
Tabel 4.28 Tabel Nilai <i>Slider</i> dan Koefisien Untuk Variabel Elektrifikasi Bangunan-Industri.....	104
Tabel 4.29 Tabel Keterangan Hasil Regresi Variabel Deforestasi	105
Tabel 4.30 Tabel Nilai <i>Slider</i> dan Koefisien Untuk Variabel Deforestasi.....	106
Tabel 4.31 Tabel Keterangan Hasil Regresi Variabel Metana dan Gas Lain	108
Tabel 4.32 Tabel Nilai <i>Slider</i> dan Koefisien Untuk Variabel Metana dan Gas Lain	109
Tabel 4.33 Tabel Keterangan Hasil Regresi Variabel Aforestasi	110
Tabel 4.34 Tabel Nilai <i>Slider</i> dan Koefisien Untuk Variabel Aforestasi	111
Tabel 4.35 Tabel Keterangan Hasil Regresi Variabel TCR.....	112
Tabel 4.36 Tabel Nilai <i>Slider</i> dan Koefisien Untuk Variabel TCR.....	113
Tabel 4.37 Tabel Kesimpulan Hasil Regresi Versi Deforestasi.....	118
Tabel 4.38 Tabel Perhitungan Untuk Nilai Terendah Setiap Variabel yang Ada (Versi Deforestasi)	119
Tabel 4.39 Tabel Kesimpulan Hasil Regresi Versi Degradasi Hutan.....	121
Tabel 4.40 Tabel Perhitungan Untuk Nilai Terendah Setiap Variabel yang Ada (Versi Degradasi Hutan)	122
Tabel 4.41 Tabel Hasil Regresi Menggunakan Metode Model <i>Testing</i> Untuk Versi Deforestasi.....	124
Tabel 4.42 Tabel Perhitungan Untuk Nilai Terendah Setiap Variabel yang Ada (Versi Deforestasi)	125
Tabel 4.43 Tabel Hasil Regresi Menggunakan Metode Model <i>Testing</i> Untuk Versi Degradasi Hutan.....	126
Tabel 4.44 Tabel Perhitungan Untuk Nilai Terendah Setiap Variabel yang Ada (Versi Degradasi Hutan)	128
Tabel 4.48 Tabel Untuk Mencari Variabel Terdominan Versi Deforestasi Alpha 1	138
Tabel 4.49 Tabel Untuk Mencari Variabel Terdominan Versi Deforestasi Alpha 4	139
Tabel 4.50 Tabel Untuk Mencari Variabel Terdominan Versi Deforestasi Alpha 7	140

Tabel 4.51 Tabel Untuk Mencari Variabel Terdominan Versi Deforestasi Alpha 10.....	141
Tabel 4.53 Tabel Untuk Mencari Variabel Terdominan Versi Degradasi Hutan Alpha 1	145
Tabel 4.54 Tabel Untuk Mencari Variabel Terdominan Versi Degradasi Hutan Untuk Alpha 4	146
Tabel 4.55 Tabel Untuk Mencari Variabel Terdominan Versi Degradasi Hutan Alpha 7	147
Tabel 4.56 Tabel Untuk Mencari Variabel Terdominan Versi Degradasi Hutan Alpha 10.....	148
Tabel 4.57 Tabel Hasil <i>Random Forest</i> Untuk Versi Deforestasi	149
Tabel 4.58 Tabel Hasil <i>Random Forest</i> Untuk Versi Degradasi Hutan.....	150
Tabel 4.59 Tabel Perbedaan Antara Keempat Metode yang Dibedakan Versi Deforestasi.....	152
Tabel 4.60 Tabel Perbedaan Antara Keempat Metode yang Dibedakan Versi Degradasi Hutan.....	153



DAFTAR RUMUS

	halaman
Rumus 1 Rumus IPAT	43
Rumus 2 Rumus MSE.....	52
Rumus 3 Rumus RMSE	52
Rumus 4 Rumus Regresi Linear Berganda	54
Rumus 5 Koefisien Teregulasi pada Metode LASSO.....	57
Rumus 6 Batasan Koefisien LASSO.....	57
Rumus 7 Batasan Koefisien Metode <i>Ridge</i>	58
Rumus 8 Representasi Proses <i>Random Forests</i>	60
Rumus 9 Regresi Variabel Batu Bara	86
Rumus 10 Regresi Variabel Minyak Mentah.....	89
Rumus 11 Regresi Variabel Gas Alam	91
Rumus 12 Regresi Variabel <i>Renewable</i>	93
Rumus 13 Regresi Variabel Bioenergi.....	96
Rumus 14 Regresi Variabel <i>Carbon Price</i>	98
Rumus 15 Regresi Variabel Elektrifikasi Transportasi.....	100
Rumus 16 Regresi Variabel Elektrifikasi Bangunan dan Industri	103
Rumus 17 Regresi Variabel Deforestasi	105
Rumus 18 Regresi Variabel Metana dan Gas Lain	107
Rumus 19 Regresi Variabel Aforestasi	110
Rumus 20 Regresi Variabel <i>Technological Carbon Removal</i>	111
Rumus 21 Regresi Menyeluruh Versi Deforestasi.....	117
Rumus 22 Regresi Menyeluruh Versi Degradasi Hutan.....	120
Rumus 23 Regresi Menyeluruh Versi Deforestasi (<i>Model Testing</i>).....	124
Rumus 24 Regresi Menyeluruh Versi Degradasi Hutan (<i>Model Testing</i>).....	126
Rumus 25 Regresi LASSO Versi Deforestasi Alpha 0.1	129
Rumus 26 Regresi LASSO Versi Deforestasi Alpha 0.4.....	129
Rumus 27 Regresi LASSO Versi Deforestasi Alpha 0.7.....	130
Rumus 28 Regresi LASSO Versi Deforestasi Alpha 1.0.....	130
Rumus 29 Regresi LASSO Versi Degradasi Hutan Alpha 0.1	132
Rumus 30 Regresi LASSO Versi Degradasi Hutan Alpha 0.4.....	132
Rumus 31 Regresi LASSO Versi Degradasi Hutan Alpha 0.7	133
Rumus 32 Regresi LASSO Versi Degradasi Hutan Alpha 1.0.....	133
Rumus 33 Regresi <i>Ridge</i> Versi Deforestasi Alpha 1	135
Rumus 34 Regresi <i>Ridge</i> Versi Deforestasi Alpha 4	136
Rumus 35 Regresi <i>Ridge</i> Versi Deforestasi Alpha 7	136
Rumus 36 Regresi <i>Ridge</i> Versi Deforestasi Alpha 10	137
Rumus 37 Regresi <i>Ridge</i> Versi Degradasi Hutan Alpha 1	142
Rumus 38 Regresi <i>Ridge</i> Versi Degradasi Hutan Alpha 4	142
Rumus 39 Regresi <i>Ridge</i> Versi Degradasi Hutan Alpha 7	143
Rumus 40 Regresi <i>Ridge</i> Versi Degradasi Hutan Alpha 10	143

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran A-1 Data Variabel Individu Batu Bara	A-1
Lampiran A-2 Data Variabel Individu Minyak Bumi	A-3
Lampiran A-3 Data Variabel Individu Gas Alam	A-5
Lampiran A-4 Data Variabel Individu <i>Renewable</i>	A-7
Lampiran A-5 Data Variabel Individu Bioenergi	A-9
Lampiran A-6 Data Variabel Individu <i>Carbon Price</i>	A-11
Lampiran A-7 Data Variabel Individu Elektrifikasi Transportasi	A-13
Lampiran A-8 Data Variabel Individu Elektrifikasi Bangunan dan Industri	A-15
Lampiran A-9 Data Variabel Individu Deforestasi	A-18
Lampiran A-10 Data Variabel Individu Metana dan Gas Lainnya	A-20
Lampiran A-11 Data Variabel Individu Aforestasi	A-22
Lampiran A-12 Data Variabel Individu TCR	A-23
Lampiran B-1 Data Seluruh Variabel (Deforestasi)	B-1
Lampiran B-2 Data Seluruh Variabel (Degradasi hutan)	B-3
Lampiran C-1 <i>Coding</i> dan Hasil Regresi Linear Berganda (Deforestasi)	C-1
Lampiran C-2 <i>Coding</i> dan Hasil Regresi Linear Berganda (Degradasi hutan) ..	C-1
Lampiran C-3 <i>Coding</i> dan Hasil Regresi LASSO (Deforestasi)	C-2
Lampiran C-4 <i>Coding</i> dan Hasil Regresi LASSO (Degradasi hutan)	C-2
Lampiran C-5 <i>Coding</i> dan Hasil Regresi <i>Ridge</i> (Deforestasi)	C-3
Lampiran C-6 <i>Coding</i> dan Hasil Regresi <i>Ridge</i> (Degradasi hutan)	C-3
Lampiran C-7 <i>Coding</i> dan Hasil Algoritma <i>Random Forest</i> (Deforestasi)	C-4
Lampiran C-8 <i>Coding</i> dan Hasil Algoritma <i>Random Forest</i> (Degradasi hutan)	C-5