

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
INTISARI	iv
ABSTRACT.....	ivi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	14
I.1. Latar Belakang	14
I.2. Rumusan Masalah.....	15
I.3. Tujuan Penelitian	15
I.4. Metode Penelitian	16
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	17
BAB III DASAR TEORI.....	21
III.1. NORM (Naturally Occurring Radioactive Material)	21
III.2. Reaksi Peluruhan Berantai	24
III.3. Radon-222.....	27
III.2.1. Faktor yang Mempengaruhi Pelepasan Radon ke Atmosfer.....	32
III.2.1.1. Emanasi.....	32
III.2.1.2. Transpor Radon.....	35
III.2.1.3. Ekshalasi Radon.....	38
III.3. Persamaan Difusi Radon dalam Tanah Berpori	39
III.3.1. Pemodelan Matematika Difusi Radon.....	39
III.3.2. Metode Beda Berhingga <i>Centered Difference</i> sebagai Solusi Numerik Karakterisasi Fenomena Difusi Radon.....	40
III.4. Parameter Geokimia Tanah sebagai Prekursor Aktivitas Praseismik	41
III.4.1. Model Matematis Transpor Radon dalam Tanah Patahan.....	46
III.4.2. Metodologi Pengukuran Radon Pertanda Gempa	49
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN	58
IV.1. Alat dan Bahan Penelitian.....	58

IV.2. Variabel Penelitian	58
IV.3. Tata Laksana Penelitian	59
IV.3.1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	59
IV.3.2. Perancangan Model Geometri Tanah Objek Penelitian	59
IV.3.3. Pengambilan Data Geologis pada Stasiun Prekursor Pundong	61
IV.3.4. Menentukan Variabel Input pada Fenomena Transpor Radon dari Dalam Tanah	62
IV.3.5. Pemodelan Numerik dengan Komputasi Berdasarkan Persamaan Transpor Radon.....	69
IV.3.6. Validasi Model	72
IV.4. Rencana Analisis Hasil	72
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	73
V.1. Hasil Simulasi Difusi Gas Rn-222 dengan Model Difusi-Peluruhan terhadap Skenario Perubahan Porositas, Suhu, dan Moistur Tanah.....	75
V.1.1. Kondisi Normal	75
V.1.2. Kondisi Variasi Ketinggian Air Sumur	77
V.1.3. Deformasi Tanah 25%.....	79
V.1.4. Deformasi Tanah 50%.....	84
V.1.5. Deformasi Tanah 60%.....	88
V.1.6. Deformasi Tanah 75%.....	93
V.2. Hasil Simulasi Variasi Koefisien Difusi terhadap Konsentrasi Rn-222	96
V.3. Verifikasi Model Terhadap Pengukuran Lapangan	104
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	109
VI.1. Kesimpulan	109
VI.2. Saran.....	109
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN.....	115
LAMPIRAN 1. Perhitungan Variabel <i>Input</i> Simulasi	115
LAMPIRAN 2. Pengolahan Data Hasil Simulasi	121
LAMPIRAN 3. Data Pengukuran	127
LAMPIRAN 4. Listing Program <i>Octave</i>	130

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Radionuklida Primordial[1]	21
Tabel 3.2 Konsentrasi Nuklida Primordial dalam Bantuan Magma Beku (Bq/kg)[17]	22
Tabel 3.3 Konsentrasi Nuklida Primordial dalam Batuan Sedimen dan Tanah (Bq/kg)[18]..	24
Tabel 3.4 Karakteristik Isotop Uranium dalam Uranium Alam [1]	24
Tabel 3.5 Karakteristik Fisika-Kimia ^{222}Rn [23]	28
Tabel 3.6 Rentang Recoil Alfa dari ^{222}Rn Berdasarkan Medium [28].....	33
Tabel 3.7 Spesifikasi Sumur Pemantauan Pundong[33]	53
Tabel 4.1 Data Karakteristik Tanah dan Udara Sekitar Sumur Pantau Pundong.....	68
Tabel 4.2 Properti Tanah pada Setiap Persentase Deformasi <i>Bulk</i>	69
Tabel 4.3 Diskritisasi persamaan transportasi Radon pada setiap indeks	71
Tabel 5.1 Nilai faktor θ dan faktor α berdasarkan tingkat deformasi	75
Tabel 5.2 Perbandingan Hasil Simulasi terhadap Hasil Pengukuran.....	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Tidak terjadi kesetimbangan peluruhan berantai ($\lambda_1 > \lambda_2$) [19].....	25
Gambar 3.2 Kesetimbangan Transien ($\lambda_1 < \lambda_2$) [19]	26
Gambar 3.3 Kesetimbangan Sekuler ($\lambda_1 \ll \lambda_2$) [19].....	27
Gambar 3.4 Proses pelepasan radon menuju atmosfer [28].....	32
Gambar 3.5 Skema emanasi radon [28].....	34
Gambar 3.6 Ilustrasi Definisi Koefisien Difusi Radon [23]	37
Gambar 3.7 Skema Eksplisit Metode Beda Berhingga.....	41
Gambar 3.8 Lokasi stasiun pengamatan prekursor gempa di Pundong dan Piyungan [33]....	51
Gambar 3.9 Skema <i>setup</i> alat dan sumur pemantauan prekursor	55
Gambar 3.10 Sistem monitoring gas radon di sekitar Patahan Opak [44].....	55
Gambar 4.1 Diagram alir penelitian.....	59
Gambar 4.2 Batasan Geometri Sumur Pemantauan Radon di Pundong	60
Gambar 4.3 Konsentrasi radon terhadap aktivitas seismik di daerah Pundong (Sunardi, 2018)	69
Gambar 5.1 Hasil simulasi model difusi-peluruhan gas radon pada kondisi normal ($H_{\text{air}} = 88,46$) dan tanpa deformasi.....	76
Gambar 5.2 Distribusi konsentrasi radon dengan ketinggian air 57 m (kiri atas), 65 m (kanan atas), 73 m (tengah kiri), 81 m (tengah kanan), 88 m (bawah).....	78
Gambar 5.3 Grafik hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air pada kondisi normal	79
Gambar 5.4 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi 2,5% dan <i>moisture</i> tanah meningkat tanpa terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik.....	80
Gambar 5.5 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi 2,5% dan <i>moisture</i> tanah meningkat serta terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik.....	81
Gambar 5.6 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi sebesar 2,5% saat <i>moisture</i> tanah menurun dan tidak terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik	82
Gambar 5.7 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi sebesar 2,5% saat <i>moisture</i> tanah menurun dan terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik	83
Gambar 5.8 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi 5% dan <i>moisture</i> tanah meningkat sebesar 5% serta terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik.....	85
Gambar 5.9 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi 5% dan <i>moisture</i> tanah meningkat sebesar 5% serta terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik	85

Gambar 5.10 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi 5% dan <i>moisture</i> tanah menurun serta tidak terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik.....	87
Gambar 5.11 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi 5% dan <i>moisture</i> tanah menurun serta terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik.....	87
Gambar 5.12 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi 6% dari data porositas dan <i>moisture</i> tanah yang meningkat sebesar 6% yang telah dikoreksi dengan θ dan α serta tidak terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik	89
Gambar 5.13 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi 6% dari data porositas dan <i>moisture</i> tanah yang meningkat sebesar 6% yang telah dikoreksi dengan θ dan α serta terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik	89
Gambar 5.14 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi 6% dan <i>moisture</i> tanah menurun serta tidak terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik (bawah);	91
Gambar 5.15 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi 6% dan <i>moisture</i> tanah menurun serta terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik.....	92
Gambar 5.16 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi 7,5% dari data porositas dan <i>moisture</i> tanah yang meningkat sebesar 7,5% yang telah dikoreksi dengan θ dan α serta tidak terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik.....	93
Gambar 5.17 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi 7,5% dari data porositas dan <i>moisture</i> tanah yang meningkat sebesar 7,5% yang telah dikoreksi dengan θ dan α serta terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik.....	93
Gambar 5.18 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi 7,5% dari data porositas dan <i>moisture</i> tanah yang menurun sebesar 7,5% yang telah dikoreksi dengan θ dan α serta tidak terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik.....	95
Gambar 5.19 Hubungan konsentrasi radon terhadap ketinggian air sumur saat terjadi deformasi 7,5% dari data porositas dan <i>moisture</i> tanah yang menurun sebesar 7,5% yang telah dikoreksi dengan θ dan α serta terjadi anomali ^{222}Rn atmosferik.....	95
Gambar 5.20 Hubungan konsentrasi radon yang terukur tanpa anomali atmosferik dengan ketinggian air sumur (a) 57,7 m; (b) 63,4 m; (c) 73,1 m; (d) 80,1 m, (e) 88,5 m.	99
Gambar 5.21 Hubungan konsentrasi radon yang terukur dengan anomali atmosferik dengan ketinggian air sumur (a) 57,7 m; (b) 63,4 m; (c) 73,1 m; (d)80,1 m, (e) 88,5 m.	102
Gambar 5.22 Variasi nilai ralat efektif rerata setiap deformasi terhadap kondisi tanah	103
Gambar 5.23 Data radon dan curah hujan periode 2015-2016[49].....	104