



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Rumusan Masalah .....	2
I.3. Tujuan Penelitian.....	2
I.4. Batasan Penelitian .....	2
I.5. Lokasi Penelitian .....	3
I.6. Kebaruan Penelitian.....	3
I.7. Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN GEOLOGI .....</b>	<b>5</b>
II.1. Geologi Regional .....	5
II.1.1. Setting Tektonik .....	5
II.1.2. Fisiografi Regional.....	5
II.1.3. Stratigrafi Regional .....	6
II.1.4. Struktur Geologi Regional .....	7
II.2. Geologi Kompleks Vulkanik Ijen .....	8
II.2.1. Morfologi Kompleks Vulkanik Ijen.....	8
II.2.2. Stratigrafi Kompleks Vulkanik Ijen .....	9
II.2.3. Struktur Geologi Kompleks Vulkanik Ijen .....	19
II.3. Vulkanisme Kompleks Vulkanik Ijen .....	19
II.4. Magmatisme Kompleks Vulkanik Ijen .....	22
<b>BAB III TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>32</b>
III.1. Definisi Kaldera .....	32
III.2. Karakteristik Kaldera .....	32
III.3. Siklus Kaldera.....	33
III.4. Dapur Magma Kaldera.....	39
III.5. <i>Machine Learning</i> dalam Ilmu Kebumihan.....	40
III.6. Hipotesis .....	42
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>43</b>
IV.1. Lokasi dan Sampel Penelitian.....	43
IV.2. Tahapan Penelitian .....	44
IV.2.1. Tahap Pendahuluan.....	44
IV.2.2. Tahap Pekerjaan Lapangan.....	44
IV.2.3. Tahap Analisis Laboratorium .....	44
IV.2.4. Tahap Analisis dan Interpretasi Data.....	45
IV.2.5. Tahap Penyusunan Draf.....	46
IV.3. Jadwal Penelitian .....	48



<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>49</b>
V.1. Stratigrafi Produk Erupsi Pembentuk Kaldera.....	49
V.2. Deskripsi Lapangan dan Litologi Batuan .....	51
V.2.1. Lava Pra-Kaldera IJ08 .....	51
V.2.2. Ignimbrit IJ02.....	53
V.2.3. <i>Welded Tuff</i> IJ05 .....	55
V.2.4. Endapan Piroklastik Jatuhan IJ03 .....	56
V.2.5. Ignimbrit IJ01.....	59
V.2.6. Ignimbrit dan Endapan Piroklastik Jatuhan IJ06 .....	61
V.2.7. Lava Pasca-Kaldera IJ19.....	66
V.3. Geokimia Produk Erupsi Pembentuk Kaldera .....	69
V.3.1. Jenis Batuan, Afinitas Magma, dan Seri Magma.....	69
V.3.2. Unsur Utama .....	71
V.3.3. Unsur Jejak.....	72
V.4. Diferensiasi Magma .....	77
V.5. Komponen Subduksi.....	80
V.5.1. Karakteristik Mantel Sumber .....	80
V.5.2. Input <i>Slab</i> Subduksi .....	81
V.6. Variasi Temporal Unit KVI .....	84
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>94</b>
VI.1. Kesimpulan.....	94
VI.2. Saran .....	95
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>96</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>103</b>
LAMPIRAN 1. Data Sayatan Tipis .....	104
LAMPIRAN 2. Data Geokimia .....	107
LAMPIRAN 3. Plot LOI vs Unsur Mayor dan LILE .....	128
LAMPIRAN 4. Validasi Data untuk PCA.....	130
LAMPIRAN 5. Validasi Data untuk ICA.....	132
LAMPIRAN 6. Validasi Jumlah Kluster KCA .....	133
LAMPIRAN 7. Model Kristalisasi Fraksinasi pada Ba/Nb, Pb/Ce, dan Th/Nb.....	135



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar I.1.</b>	Lokasi penelitian (sumber: ESRI). ....	3
<b>Gambar II.1.</b>	Peta Indonesia yang menunjukkan pulau besar dan struktur tektonik (Macpherson dan Hall, 2002 dalam Pacey dkk., 2013).....	5
<b>Gambar II.2.</b>	Ilustrasi fisiografi pulau Jawa bagian timur (digitasi dari van Bemmelen, 1949). ....	6
<b>Gambar II.3.</b>	Digitasi peta geologi regional pada KVI (digitasi dari Agustiyanto dan Santosa, 1993; Sidarto dkk., 1993). ....	7
<b>Gambar II.4.</b>	Peta skematik kompleks vulkanik Ijen oleh Handley dkk. (2007). ....	8
<b>Gambar II.5.</b>	Peta Geologi Gunung Api Kompleks Vulkanik Ijen (digitasi dari Sujanto dkk., 1988).....	17
<b>Gambar II.6.</b>	Stratigrafi Geologi Gunung Api Kompleks Vulkanik Ijen. (a). Satuan Batuan alas, Gunung Ijen Tua, dan Dinding Kaldera. (b). Satuan Di Dalam Kaldera (Sujanto dkk., 1988). ....	18
<b>Gambar II.7.</b>	Stratigrafi endapan hasil erupsi pembentuk kaldera KVI (digitasi dari Ratdomopurbo dkk., 2022). ....	20
<b>Gambar II.8.</b>	Tahun terjadinya erupsi dan besaran VEI dari erupsi pada Gunung Kawah Ijen (Global Volcanism Program, 2024).....	21
<b>Gambar II.9.</b>	(A) Plot data geokimia pada TAS Diagram (Le Bas dkk., 1986). (B) Diagram seri magma berdasarkan nilai $K_2O$ (Gill, 1981). (C) Diagram seri magma berdasarkan rasio $FeO^*/MgO$ (Miyashiro, 1974).....	26
<b>Gambar II.10.</b>	Plot Harker Diagram untuk unsur utama pada batuan KVI. ....	27
<b>Gambar II.11.</b>	Plot Harker Diagram untuk unsur jejak pada batuan KVI. ....	28
<b>Gambar II.12.</b>	Plot Harker Diagram $MgO$ vs. $CaO$ . ....	31
<b>Gambar III.1.</b>	Simplifikasi model kaldera tipe piston (Lipman, 1997).....	33
<b>Gambar III.2.</b>	Evolusi struktural dari kaldera (Kennedy dkk., 2018). ....	34
<b>Gambar III.3.</b>	Geometri <i>subsidence</i> berkaitan dengan kedalaman dan geometri atap dari dapur magma. Garis putus-putus menunjukkan kedalaman setelah <i>subsidence</i> dari lantai kaldera, yang diduga masuk ke dalam dapur magma saat dan setelah runtuhnya kaldera (Lipman, 1997). ....	36
<b>Gambar III.4.</b>	Sekuen erupsi pembentuk kaldera (Branney dan Acocella, 2015).....	37
<b>Gambar III.5.</b>	Skema dari endapan PDC Aso-4 pada bagian utara dan timur area kaldera Aso (Takarada dan Hoshizumi, 2020). ....	38
<b>Gambar III.6.</b>	Model petrologi dari sistem magma pada gunung api kaldera. (Kennedy dkk., 2018). ....	40
<b>Gambar III.7.</b>	(a) Ilustrasi <i>principal component analysis</i> (sumber: Petrelli (2024)). (b) Ilustrasi <i>independent component analysis</i> (sumber:	



	Hyvärinen dan Oja, 2000). Ilustrasi pengelompokan dengan <i>kmeans-clustering analysis</i> (sumber: Petrelli (2024)).	41
<b>Gambar IV.1.</b>	(a) Lokasi pengambilan sampel. (b) Profil ketinggian stasiun titik amat untuk lokasi pengambilan sampel di bagian utara KVI.	43
<b>Gambar IV.2.</b>	Diagram alir penelitian.	47
<b>Gambar V.1.</b>	Posisi relatif masing-masing singkapan (tanpa skala). Tulisan berwarna merah menunjukkan sampel yang digunakan dalam analisis petrografi dan geokimia pada setiap singkapan.	49
<b>Gambar V.2.</b>	Kolom litologi produk erupsi pembentuk kaldera KVI.	51
<b>Gambar V.3.</b>	(a) Foto singkapan lava pada STA IJ08. (b) Foto <i>close-up</i> dari lava pada STA IJ08.	52
<b>Gambar V.4.</b>	Fotomikrograf sayatan tipis lava IJ08. pl: plagioklas; cpx: klinopiroksen.	52
<b>Gambar V.5.</b>	(a) Foto singkapan breksi pada STA IJ08. (b) Foto <i>close-up</i> dari breksi pada STA IJ08.	53
<b>Gambar V.6.</b>	(a) Foto singkapan ignimbrit pada STA IJ02. Singkapan menerus ke bawah dan berada di luar medan pandang. (b) Foto <i>close-up</i> dari ignimbrit. (c) Foto <i>close up</i> dari dua lapisan lahar yang menumpang di atas ignimbrit.	54
<b>Gambar V.7.</b>	(a) Fotomikrograf sayatan tipis ignimbrit pada STA IJ02. (b) Fotomikrograf sayatan tipis pumis pada STA IJ02. pl: plagioklas; cpx: klinopiroksen; oxd: oxidized minerals; m: matriks; l: litik; gm: massa dasar; cal: calcite; vs: vesikel.	54
<b>Gambar V.8.</b>	(a) Foto bongkah welded tuff pada STA IJ05. (b) Foto <i>close up</i> dari welded tuff. Garis kuning menunjukkan tekstur fiamme.	55
<b>Gambar V.9.</b>	(a) Fotomikrograf sayatan tipis welded tuff pada STA IJ05. (b) Fotomikrograf sayatan tipis fiamme. Pl: plagioklas; l: litik; m: matriks; vs: vesikel; gm: massa dasar.	56
<b>Gambar V.10.</b>	Foto singkapan endapan jatuhnya piroklastik pada STA IJ03.	57
<b>Gambar V.11.</b>	(a) Mikrofotograf sayatan tipis sampel IJ03FA. (b) Mikrofotograf sayatan tipis sampel IJ03FC. (c) Mikrofotograf sayatan tipis sampel IJ03FE. pl: plagioklas; op: mineral opak; m: matriks.	58
<b>Gambar V.12.</b>	(a) Foto singkapan ignimbrit pada STA IJ01. (b) Foto <i>close-up</i> juvenil pada STA IJ01. Garis kuning menunjukkan juvenil. (c) Foto <i>close-up</i> dari fragmen litik pada STA IJ01.	60
<b>Gambar V.13.</b>	(a) Fotomikrograf sayatan tipis ignimbrit IJ01. (b) Fotomikrograf sayatan tipis pumis IJ01P. (c) Fotomikrograf sayatan tipis juvenil gelas IJ01G. pl: plagioklas; op: mineral opak; m: matriks; vs: vesikel; gm: groundmass; px: piroksen.	61



<b>Gambar V.14.</b>	(a) Foto singkapan ignimbrit dan endapan jatuhnya piroklastik STA IJ06. Garis merah membatasi antara satuan ignimbrit dengan satuan endapan jatuhnya piroklastik. (b) Foto <i>close-up</i> ignimbrit di bagian bawah STA IJ06. (c) Foto <i>close-up</i> ignimbrit di bagian atas STA IJ06.....	62
<b>Gambar V.15.</b>	(a) Fotomikrograf sayatan tipis ignimbrit IJ06 IG1M. (b) Fotomikrograf sayatan tipis juvenil gelas IJ06 IG1G. (c) Fotomikrograf sayatan tipis pumis IJ06 IG1P. pl: plagioklas; m: matriks; gm: massa dasar; vs: vesikel. ....	63
<b>Gambar V.16.</b>	(a) Foto <i>close-up</i> unit endapan jatuhnya piroklastik STA IJ06. (b) Foto <i>close-up</i> satuan berlaminasi pada STA IJ06. ....	64
<b>Gambar V.17.</b>	(a) Fotomikrograf sayatan tipis sampel IJ06FA. (b) Fotomikrograf sayatan tipis sampel IJ06FD. (c) Fotomikrograf sayatan tipis sampel IJ06FBM. pl: plagioklas; opq: mineral opak; oxd: mineral teroksidasi; m: matriks; l: litik. ....	65
<b>Gambar V.18.</b>	(a) Fotomikrograf sayatan tipis ignimbrit IJ06 IG2M. (b) Fotomikrograf sayatan tipis pumis IJ06 IG2P. pl: plagioklas; m:matriks; vs: vesikel; gm: massa dasar. ....	66
<b>Gambar V.19.</b>	(a) Foto singkapan lava IJ19. (b) Foto <i>close-up</i> lava IJ19. ....	67
<b>Gambar V.20.</b>	Fotomikrograf sayatan tipis lava IJ19. pl: plagioklas; cpx: klinopiroksen; ol: olivin; opq: mineral opak. ....	68
<b>Gambar V.21.</b>	Rangkuman mineralogi pada sayatan tipis batuan dalam studi.....	68
<b>Gambar V.22.</b>	(a) Diagram Total Alkali Silika (TAS) oleh Le Bas dkk. (1986). (b) Diagram afinitas magma oleh Gill (1981). (c) Diagram seri magma oleh Miyashiro (1974). ....	70
<b>Gambar V.23.</b>	Plot diagram Harker untuk unsur utama batuan produk erupsi pembentuk kaldera dan batuan KVI lainnya. ....	72
<b>Gambar V.24.</b>	Plot diagram Harker untuk unsur jejak batuan produk erupsi pembentuk kaldera dan batuan KVI lainnya. ....	74
<b>Gambar V.25.</b>	Plot spiderdiagram unsur jejak yang dinormalisasikan terhadap komposisi <i>primitive mantle</i> . Komposisi <i>primitive mantle</i> dan N-MORB diperoleh dari Sun dan McDonough (1989). Komposisi I-MORB diperoleh dari Chauvel dan Blichert-Toft (2001). ....	76
<b>Gambar V.26.</b>	Plot diagram REE yang dinormalisasikan terhadap komposisi <i>chondrite</i> . Komposisi <i>chondrite</i> dan N-MORB diperoleh dari Sun dan McDonough (1989). Komposisi I-MORB diperoleh dari Chauvel dan Blichert-Toft (2001). ....	76
<b>Gambar V.27.</b>	Fraksinasi plagioklas ditinjau dari Sr dan Eu/Eu*. ....	78
<b>Gambar V.28.</b>	Model kristalisasi fraksinasi dan <i>magma mixing</i> .....	79
<b>Gambar V.29.</b>	Rasio Zr/Nb dan Nb/Ta vs SiO <sub>2</sub> . ....	81
<b>Gambar V.30.</b>	Rasio Ba/Nb vs Ta/Nb dan Th/Nb vs Pb/Ce. Data sedimen laut Jawa diambil dari Plank dan Langmuir (1998); AOC dari Porter	



	dan White (2009); N-MORB dari Sun dan McDonough (1989); I-MORB dari Chauvel dan Blichert-Toft (2001).....	83
<b>Gambar V.31.</b>	Rasio isotop Pb versus Ba/Hf pada batuan vulkanik Jawa (sumber: Handley dkk., 2014).....	84
<b>Gambar V.32.</b>	Perbandingan rasio REE/Nb pada unit KVI.....	85
<b>Gambar V.33.</b>	Plotting nilai PC. (a) PC1 vs PC2. (b) PC1 vs PC3. (c) PC2 vs PC3. Tanda panah menunjukkan besar kontribusi masing-masing rasio terhadap PC, semakin panjang panah maka semakin besar kontribusi rasio tersebut.....	87
<b>Gambar V.34.</b>	Plotting nilai IC. (a) IC1 vs IC2. (b) IC1 vs IC3. (c) IC2 vs IC3. Tanda panah menunjukkan proses atau karakteristik khas yang berkontribusi terhadap IC. Proses/karakteristik semakin intensi/tinggi sesuai dengan arah panah. ....	89
<b>Gambar V.35.</b>	Hasil pengelompokan menggunakan KCA dalam <i>principal component</i> dan <i>independent component</i> . (a) PC1 vs PC2. (b) PC1 vs PC3. (c) PC2 vs PC3. (d) IC1 vs IC2. (e) IC1 vs IC3. (f) IC2 vs IC3.....	91
<b>Gambar V.36.</b>	(a) Distribusi rasio Nb/Ta pada seluruh unit KVI. (b) Distribusi rasio Nb/Ta pada produk erupsi pembentuk kaldera. (c) Distribusi rasio Ba/Nb pada seluruh unit KVI. (d) Distribusi rasio Ba/Nb pada produk erupsi pembentuk kaldera. (e) Distribusi rasio Eu/Eu* pada seluruh unit KVI. (f) Distribusi rasio Eu/Eu* pada produk erupsi pembentuk kaldera. ....	92
<b>Gambar V.37.</b>	Plot hasil <i>clustering</i> terhadap unsur jejak.....	93



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel I-1.</b> Penelitian terdahulu.....	4
<b>Tabel IV-1.</b> Jadwal penelitian. ....	48
<b>Tabel V-1.</b> Nilai Eu/Eu* pada masing-masing sampel batuan. ....	77
<b>Tabel V-2.</b> <i>Loading vector</i> untuk masing-masing PC.....	86
<b>Tabel V-3.</b> Hasil uji normalitas data. ....	88
<b>Tabel V-4.</b> Kontribusi rasio unsur terhadap masing-masing IC. ....	88