

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1. Latar Belakang Penelitian .....	1
I.2. Rumusan Masalah .....	2
I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian .....	2
I.4. Manfaat Penelitian.....	3
I.5. Lokasi dan Daerah Penelitian.....	3
I.6. Batasan Penelitian .....	4
I.7. Penelitian Terdahulu.....	5
I.8. Keaslian Penelitian .....	7
BAB II KAJIAN GEOLOGI DAERAH PENELITIAN.....	8
II.1. Geomorfologi Regional .....	8
II.2. Struktur Regional .....	8
II.3. Stratigrafi Regional .....	9
BAB III DASAR TEORI .....	13
III.1. Survei Hidrografi .....	13

III.1.1.	<i>Side Scan Sonar</i> .....	14
III.1.2.	<i>Sub Bottom Profiler</i> .....	18
III.1.3.	<i>Gravity Corer</i> .....	23
III.1.4.	<i>Multibeam Echosounder</i> .....	25
III.2.	Geomorfologi Dasar Laut .....	27
III.2.1.	Kawah Letupan .....	30
III.2.2.	Genesa Kawah Letupan .....	33
III.2.3.	Potensi Bahaya Kawah Letupan .....	36
III.2.4.	Rekayasa Geologi .....	37
III.3.	Hipotesis Penelitian .....	39
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN .....		40
IV.1.	Alat dan Bahan .....	40
IV.2.	Kegiatan Penelitian .....	40
IV.2.1.	Perencanaan Penelitian .....	41
IV.2.2.	Pengumpulan Data Penelitian .....	41
IV.2.3.	Pengolahan Data <i>Side Scan Sonar</i> .....	41
IV.2.4.	Pengolahan Data <i>Sub Bottom Profiler</i> .....	43
IV.2.5.	Tahap Pelaporan .....	44
IV.3.	Jadwal dan Diagram Alir Penelitian .....	45
BAB V PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA .....		47
V.1.	Pengolahan Data <i>Side Scan Sonar</i> .....	47
V.1.1.	Koreksi Data <i>Side Scan Sonar</i> .....	47
V.1.2.	Identifikasi Kontak Sonar .....	52

V.2. Pengolahan Data <i>Sub Bottom Profiler</i> .....	53
V.2.1. Koreksi Data <i>Sub Bottom Profiler</i> .....	53
V.2.2. Digitasi Reflektor Akustik .....	55
V.3. Preparasi Sampel <i>Core</i> Sedimen .....	57
BAB VI PEMBAHASAN DAN INTERPRETASI .....	59
VI.1. Visualisasi Data <i>Side Scan Sonar</i> .....	59
VI.1.1. Hasil Identifikasi Kontak Sonar .....	61
VI.1.2. Kontak Sonar Bongkah Batuan ( <i>boulder</i> ) .....	61
VI.1.3. Kontak Sonar Riak Pasir ( <i>ripple</i> ) .....	63
VI.1.4. Kontak Sonar Kawah Letupan ( <i>pockmark</i> ) .....	69
VI.1.5. Kontak Sonar Objek Antropogenik .....	74
VI.2. Hasil Analisis Sampel Sedimen .....	76
VI.3. Profil Bawah Permukaan Dasar Laut.....	82
VI.3.1. Unit Lapisan Sedimen .....	83
VI.3.2. Difraksi Gelombang Bawah Permukaan Dasar Laut.....	85
VI.4. Batimetri Lintasan Penelitian.....	86
VI.5. Integrasi Data SSS, SBP, dan Sampel Sedimen <i>Gravity Core</i> .....	87
VI.6. Peta Geomorfologi Dasar Laut .....	89
VI.7. Interpretasi Geologi Dasar Laut Lintasan Penelitian .....	91
VI.8. Identifikasi Potensi Bahaya Lintasan Penelitian.....	93
BAB VII KESIMPULAN .....	98
DAFTAR PUSTAKA .....	100
LAMPIRAN .....	103

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar I.1.</b> Area penelitian adalah lintasan jalur survei kabel fiber optik dasar laut Adv INA-CBT dengan fokus lintasan dari blok 1 di KP 17 hingga berakhir di blok 4 KP 56 .....	4
<b>Gambar II.1.</b> Peta struktural dan refleksi horizon seismik sedimen Miosen wilayah lepas pantai selatan Jawa Tengah. Gambar II.2 menunjukkan penampang seismik wilayah struktural bagian barat (Bolliger dan Ruiter, 1975) .....	9
<b>Gambar II.2.</b> Penampang seismik wilayah struktural bagian barat yang menunjukkan cekungan sedimenter Neogen berada di antara tinggian berupa horst. PG adalah endapan vulkanik yang terbentuk saat vulkanisme Oligosen Akhir, Mi terendapkan sepanjang Miosen, dan Pl-Q terendapkan dari Pliosen hingga Kuartar (Bolliger dan Ruiter, 1975).....	10
<b>Gambar II.3.</b> Sejarah geologi regional berdasarkan korelasi antara geologi di lepas pantai dan di darat Jawa Tengah (Bolliger dan Ruiter, 1975) ..	12
<b>Gambar III.1.</b> (A) Perbedaan pola pancaran gelombang akustik berbasis swath ( <i>side scan sonar</i> dan <i>multibeam</i> ) dengan <i>single beam</i> . (B) Tampilan ‘ <i>waterfall</i> ’ dari hasil rekaman <i>side scan sonar</i> . Nadir merupakan titik tengah data yang tegak lurus dengan fish sementara <i>water column</i> merupakan <i>blank zone</i> data berdasarkan jarak antara <i>fish</i> dengan <i>seabed</i> (Penrose et al., 2005).....	15
<b>Gambar III.2.</b> Contoh hasil citra side scan sonar dengan beberapa gangguan atau distorsi citra seperti pantulan permukaan air, lekukan citra akibat kapal yang berbelok dari jalurnya, dan perambatan kolom air yang dapat disebabkan oleh tingginya arus atau cuaca buruk (Rhineland, 2017).....	16
<b>Gambar III.3.</b> Beberapa objek geologi pada citra <i>side scan sonar</i> Laut Thyrranian (Savini, 2011) berupa <i>carbonate mound</i> (a), <i>submarine canyon</i> (b), <i>mud volcano</i> dan <i>pockmark</i> (c), dan <i>ripple</i> (d) .....	17
<b>Gambar III.4.</b> Konfigurasi beberapa jenis sistem sub bottom profiler pada perairan dangkal (Stoker et al., 1997 dalam Penrose et al., 2005) .....	18
<b>Gambar III.5.</b> Proses refleksi gelombang Hukum Snellius (Saleh, 2010).....	20
<b>Gambar III.6.</b> Perubahan impedansi akustik pada densitas sedimen yang berbeda-beda (Saleh, 2010); Z adalah impedansi akustik dimana $z = (\rho, c)$ .....	21
<b>Gambar III.7.</b> Fenomena scattering yang membagi gelombang pantul menjadi beberapa arah: <i>coherent</i> adalah gelombang pantul yang tidak mengalami deformasi, <i>scattering</i> adalah sisa energi yang dipantulkan ke berbagai arah, dan <i>backscatter</i> adalah sisa energi yang mengarah kembali ke sumber gelombang (Saleh, 2010).....	22
<b>Gambar III.8.</b> Konfigurasi pengambilan sampel menggunakan <i>gravity corer</i> (USF College of Marine Science, 2002) .....	24

<b>Gambar III.9.</b> Komponen dasar <i>gravity corer</i> model Kullenberg (dokumentasi pribadi). <i>Core catcher</i> (A), <i>ogive/noose</i> (B), kaus kaki (C), <i>core liner</i> (D), <i>core barrel</i> dan pemberat besi (E), proses penurunan <i>gravity corer</i> dengan katrol (F) .....	25
<b>Gambar III 10</b> Geometri umum dari transmit dan <i>receive beam</i> MBES yang diekspresikan oleh Mills Cross dimana transmit beam memancar searah dengan kapal sementara <i>receive beam</i> diterima secara tegak lurus dengan kapal, menghasilkan sebuah daerah sapuan ( <i>swath</i> ) akusisi MBES yang utuh (ilustrasi oleh W. Michaels dalam (Kloser et al., 2007)).....	26
<b>Gambar III.11.</b> Klasifikasi morfologi yang dikembangkan oleh British Geological Survey, dilakukan berdasarkan bentuk deskriptif dan atribut tambahan suatu morfologi (Dove et al., 2016) .....	28
<b>Gambar III.12.</b> Klasifikasi geomorfologi untuk kelas sistem lingkungan laut ( <i>marine</i> ) dan fitur fluida lepas ( <i>fluid-escape feature</i> ) yang dikembangkan oleh British Geological Survey dengan penamaan yangurut berdasarkan kelas hierarki suatu geomorfologi (dimodifikasi dari Dove et al., 2016) .....	29
<b>Gambar III.13.</b> Ilustrasi dari kawah letupan normal berbentuk reguler (atas kiri) dan asimetris (atas kanan) serta unit kawah letupan (bawah kanan) dengan dan tanpa kehadiran (bawah kiri) induk kawah letupan (Hovland et al., 2002).....	30
<b>Gambar III.14.</b> Ilustrasi dari kawah letupan memanjang dan kawah letupan bermata (Hovland et al., 2002).....	32
<b>Gambar III.15.</b> Citra <i>multibeam</i> batimetri beresolusi tinggi di kedalaman 300 m yang menunjukkan barisan kawah letupan yang menyerupai benang ( <i>strings of pockmarks</i> ) berasosiasi dengan kawah letupan normal di bagian kiri. Bentuk tinggian garis lurus di bagian kanan merupakan pipa gas berdiameter 0.5 m (Hovland et al., 2002) .....	32
<b>Gambar III.16.</b> Model konseptual pembentukan geomorfologi kawah letupan. (A) Tekanan gas atau tekanan air-pori terakumulasi di dalam lapisan berpori dan tertutup oleh lapisan impermeabel di atasnya. (B) Kubah yang terbentuk dari tekanan gas/air retak dan pecah sehingga terjadi erupsi gas melalui retakan pada kubah. (C) Sedimen berbutir halus tersuspensi dalam air sementara sedimen berbutir kasar terendapkan di dalam atau sekitar kawah letupan yang baru terbentuk (Hovland dan Judd, 1988) .....	34
<b>Gambar III.17.</b> Jika gas terus diproduksi dari bawah, gas akan terakumulasi di reservoir sementara pada sedimen berpori dan akan bermigrasi melalui zona lemah atau jalur migrasi sebelum mengalami erupsi dari dasar kawah letupan secara periodik maupun kontinu (ilustrasi dari Hovland dan Judd (1988)).....	36
<b>Gambar IV.1.</b> Diagram alir tahap pengolahan data <i>side scan sonar</i> .....	43
<b>Gambar IV.2.</b> Diagram alir tahap pengolahan data <i>sub bottom profiler</i> .....	44

<b>Gambar IV.3.</b>	Diagram alir pengerjaan penelitian dimulai dari tahap perencanaan hingga tahap penyusunan laporan .....	46
<b>Gambar V.1.</b>	Gelombang yang dipancarkan oleh transduser pada sudut miring akan terpantulkan kembali oleh objek di dasar laut, menghasilkan hambur balik ( <i>backscatter</i> ) yang berbeda berdasarkan kekerasan material. (A) <i>Noise</i> dan reverberasi dalam kolom air ( <i>blind zone</i> ), (B) <i>echo</i> pertama dari dasar perairan ( <i>first return</i> ), (C) area pasir, (D) area bebatuan, (E) lumpur, (F) pantulan dari objek tertentu, (G) bayangan objek tertentu (Lurton, 2002 dalam Charnila dan Manik, 2017).....	48
<b>Gambar V.2.</b>	Tampilan ‘ <i>waterfall</i> ’ dari rekaman <i>side scan sonar</i> yang ditampilkan dalam dua bagian yakni <i>port side</i> (sisi kiri pengamat) dan <i>starboard side</i> (sisi kanan pengamat) dengan jarak maksimum 150 m.....	48
<b>Gambar V.3.</b>	Proses penyusuran dasar laut ( <i>bottom tracking</i> ) dengan melakukan digitasi pada daerah <i>first return</i> .....	49
<b>Gambar V.4.</b>	Skema koreksi <i>slant range</i> (Blondel, 2009 dalam Ramadhani, 2017).....	50
<b>Gambar V.5.</b>	Tampilan ‘ <i>waterfall</i> ’ citra SSS (A) sebelum dan (B) sesudah dilakukan koreksi jarak kemiringan alat ( <i>slant range</i> ) .....	50
<b>Gambar V.6.</b>	Tampilan ‘ <i>waterfall</i> ’ citra SSS (A) sebelum dilakukan koreksi <i>automatic gain control</i> (AGC), (B) koreksi AGC dengan intensitas 25, (C) koreksi AGC dengan intensitas 50.....	51
<b>Gambar V.7.</b>	Pengukuran dimensi panjang dan lebar objek yang dapat diklasifikasikan sebagai gelembur pasir menggunakan menu ‘ <i>contact manager</i> ’ pada program SonarWiz 7 .....	52
<b>Gambar V.8.</b>	Tampilan profil vertikal hasil input data SBP dengan ekstensi .sgy. <i>Signal trace</i> pada profil vertikal di atas menunjukkan pantulan gelombang akustik yang diterima oleh transduser pada titik tertentu	53
<b>Gambar V.9.</b>	(A) Tampilan profil vertikal SBP yang belum dikoreksi, (B) pengaturan <i>user gain control</i> (UGC), (C) tampilan profil vertikal hasil penerapan koreksi UGC. Dapat dilihat pada signal trace bahwa noise yang diterima berhasil diminimalisasi .....	55
<b>Gambar V.10.</b>	Model refleksi gelombang akustik umum pada rekaman SBP dengan penetrasi gelombang yang dangkal (Saleh, 2010) .....	56
<b>Gambar V.11.</b>	Proses digitasi reflektor akustik pada tampilan menu <i>bottom track</i> SBP. Permukaan dasar laut ( <i>seabed</i> ) ditunjukkan oleh garis berwarna kuning sedangkan reflektor akustik ditunjukkan oleh garis berwarna biru tua, biru muda, dan merah.....	56
<b>Gambar V.12.</b>	(A) Proses penurunan gravity <i>corer</i> Kullenberg ke dalam laut dengan bantuan katrol, (B) preparasi <i>core liner</i> untuk dibelah menggunakan gergaji mesin, (C) deskripsi sampel <i>core</i> sedimen secara makro.....	58
<b>Gambar VI.1.</b>	Tampilan objek antropogenik berupa puing ( <i>debris</i> ) dan tiang pelindung dermaga ( <i>jetty</i> ) pada muara sungai Kali Glagah, Kulon Progo, DIY (Febriawan, 2020).....	59

<b>Gambar VI.2.</b> Tampilan riak pasir ( <i>ripple</i> ) pada citra SSS menggunakan skala warna <i>mistle bronze</i> . Warna gelap menunjukkan intensitas hambur balik yang rendah sedangkan warna terang menunjukkan intensitas hambur balik yang tinggi.....	60
<b>Gambar VI.3.</b> Klasifikasi ukuran butir sedimen Wentworth (1922).....	62
<b>Gambar VI.4.</b> Beberapa contoh sonar kontak yang teridentifikasi sebagai bongkah batuan dengan skala yang berbeda pada tiap tampilan. Kontak sonar SC05 memiliki estimasi dimensi 7.3 m x 3.61 m (A), SCR07 memiliki dimensi 6.74 m x 4.44 m (B), SCL04 dengan dimensi 6.36m x 3.79 m (C), SCL23 dengan dimensi 6.37 m x 3.95 m (D) .....	62
<b>Gambar VI.5.</b> (A) Klasifikasi geomorfologi oleh BGS dimodifikasi dari Dove et al. (2016). (B) Sikuen perubahan morfologi <i>bedform</i> yang berkembang seiring bertambahnya kekuatan arus (Prothero dan Schwab, 2014).....	65
<b>Gambar VI.6.</b> Pengelompokan tipe riak pasir yang dijumpai sepanjang lintasan penelitian.....	66
<b>Gambar VI.7.</b> Anatomi <i>bedform</i> asimetris dan simetris yang dipengaruhi oleh arah aliran yang relatif unidireksional atau searah (Simons et al., 1961).....	68
<b>Gambar VI.8.</b> Orientasi kelurusan dan arah aliran pembentuk riak pasir. Riak pasir kontak sonar SC20 pada KP 43.9 di kedalaman 130 m (A). Riak pasir kontak sonar SC27 pada KP 49 di kedalaman 152.9 m (B) .....	69
<b>Gambar VI.9.</b> Kawah letupan pada blok 2 KP 37 di kedalaman 109 m dengan kode kontak sonar SC17 dan SC18. Gambar (A) dan (B) merupakan tampilan diperbesar dari citra side scan sonar. Gambar pada bagian kanan adalah profil vertikal dari lintasan rekaman <i>sub bottom profiler</i> .....	70
<b>Gambar VI.10.</b> Kawah letupan pada blok 4 KP 50.6 di kedalaman 161 m. Pada citra <i>side scan sonar</i> diidentifikasi terdapat kawah letupan yang hadir secara berkelompok ( <i>pockmark cluster</i> ). Profil vertikal <i>sub bottom profiler</i> menunjukkan terdapat pola reflektor akustik <i>chaotic</i> (garis hitam) yang hadir di bawah lapisan sedimen (garis merah).....	71
<b>Gambar VI.11.</b> Kawah letupan pada blok 4 KP 53 di kedalaman 168 m. Pada citra side scan sonar terlihat adanya indikasi kawah letupan yang berada dalam ruang lingkup singkapan batuan dengan relief yang terlihat jelas. Profil vertikal <i>sub bottom profiler</i> menunjukkan terdapat anomali reflektor akustik (garis hitam) yang terlihat menembus sebuah lapisan (garis merah).....	73
<b>Gambar VI.12.</b> Tampilan puing ( <i>debris</i> ) pada rekaman side scan sonar. Indikasi bekas seretan ( <i>scar</i> ) diinterpretasi terbentuk akibat pergeseran puing SCL19.....	75
<b>Gambar VI.13.</b> Tampilan <i>side scan sonar</i> indikasi objek yang menyerupai bentuk kapal karam (SCL12, SCR19, dan SC19) dan bekas kerukan atau seretan (SCL16).....	76



<b>Gambar VI.14.</b> Tujuh titik pengambilan sampel gravity core pada lintasan penelitian dengan jarak masing-masing kilometer point (KP) sebesar 1 km. Titik pengambilan sampel ditentukan dalam interval antar titik sejauh 5 km.....	77
<b>Gambar VI.15.</b> Kolom litologi dari tujuh sampel <i>core</i> sedimen lintasan penelitian (penempatan kedalaman pengambilan sampel core tidak sesuai dengan skala) .....	78
<b>Gambar VI.16.</b> Diagram Hjulström (1935) yang menggambarkan hubungan antara kecepatan kritis terjadinya erosi, transportasi, dan deposisi sedimen.....	79
<b>Gambar VI.17.</b> Kolom litologi dan log kecepatan aliran deposisi sampel GC-01 (kiri) dan GC-07 (kanan) berdasarkan diagram Hjulstrom (1935). Perubahan dominasi ukuran butir sedimen dari pasir ke lempung pada sampel GC-07 mengindikasikan kecepatan aliran deposisi mengalami penurunan dari 3 – 5.5 cm/s ke 0.1 cm/s, sedangkan sampel GC-07 yang didominasi sedimen pasir halus-sedang memiliki kecepatan aliran deposisi yang relatif stabil pada angka 1.75 – 3 cm/s (ukuran kertas A4 dengan skala 1:10) .....	81
<b>Gambar VI.18.</b> Profil vertikal sub bottom profiler dengan skala horizontal:vertikal adalah 2:1 menunjukkan hasil digitasi reflektor akustik dan unit lapisan sedimen.....	85
<b>Gambar VI.19.</b> Difraksi gelombang berbentuk hiperbolik pada KP 33.4 di blok 2.....	85
<b>Gambar VI.20.</b> Hasil pengolahan data multibeam echosounder lintasan penelitian, meliputi peta kontur (A), batimetri (B), hillshade (C), dan profil tiga dimensi (D).....	86
<b>Gambar VI.21.</b> Peta sebaran geomorfologi lintasan penelitian blok 4 KP 48 – 53 yang meliputi satuan geomorfologi dasar laut, titik pengambilan sampel gravity core, lintasan survei/penelitian, dan kilometer point (KP).....	90
<b>Gambar VI.22.</b> Profil batimetri tiga dimensi dengan penampang vertikal sub bottom profiler dan kolom litologi sampel gravity core pada tiap blok lintasan penelitian.....	92
<b>Gambar VI.23.</b> Penampang seismik wilayah lepas pantai selatan Jawa Tengah yang menunjukkan struktur dan stratigrafi regional (A) dan sejarah geologi regional wilayah lepas pantai (B) berdasarkan Bolliger dan Ruiter (1975) .....	92
<b>Gambar VI.24.</b> Peta perubahan rencana jalur instalasi kabel fiber optik yang melintasi geomorfologi dasar laut kategori 3 yakni kawah letupan. Jalur kabel baru direkomendasikan berbelok ke arah barat menjauhi kawah letupan dengan jarak aman sekitar 50 m.....	97



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel III.1</b> Spesifikasi jenis umum <i>sub bottom profiler</i> (dimodifikasi dari Penrose et al., 2005) .....	23
<b>Tabel III.2.</b> Klasifikasi jenis kawah letupan berdasarkan bentuknya (Hovland dan Judd, 2002) .....	38
<b>Tabel IV.1.</b> Rencana tahapan penelitian yang akan dilakukan .....	45
<b>Tabel V.1.</b> Lokasi pengambilan sampel <i>gravity core</i> pada lintasan penelitian ....	57
<b>Tabel VI.1.</b> Klasifikasi <i>bedform</i> berdasarkan rezim aliran yang bekerja. Rezim aliran bawah dicirikan oleh kekuatan aliran ( $F < 1.0$ sedangkan rezim aliran atas dicirikan oleh $F > 1.0$ . Dimodifikasi dari Simons et al. (1961) .....	63
<b>Tabel VI.2.</b> Hasil plotting ukuran butir sedimen dengan kecepatan deposisi pada sampel <i>gravity core</i> pada diagram Hjulstrom (1935).....	79
<b>Tabel VI.3.</b> Hasil digitasi reflektor akustik pada profil vertikal <i>sub bottom profiler</i> .....	82
<b>Tabel VI.4.</b> Tabel integrasi data SBP, SSS, dan sampel sedimen <i>gravity core</i> pada blok 1 – 4 lintasan penelitian dengan interval 10 KP .....	87
<b>Tabel VI.5.</b> Kategori bahaya yang digunakan dalam survei penanaman alat atau <i>burial assessment survey</i> (dimodifikasi dari Rapp et al., 2010 dalam Muljawan et al., 2019).....	93
<b>Tabel VI.6.</b> Pengelompokkan kategori bahaya pada jenis sedimen dan geomorfologi dasar laut yang teridentifikasi pada lintasan penelitian .....	95
<b>Tabel VI.7.</b> Deskripsi geomorfologi dasar laut pada data <i>side scan sonar</i> (SSS) dan <i>sub bottom profiler</i> (SBP) serta potensi bahaya yang dimiliki terhadap kabel fiber optik dasar laut .....	96