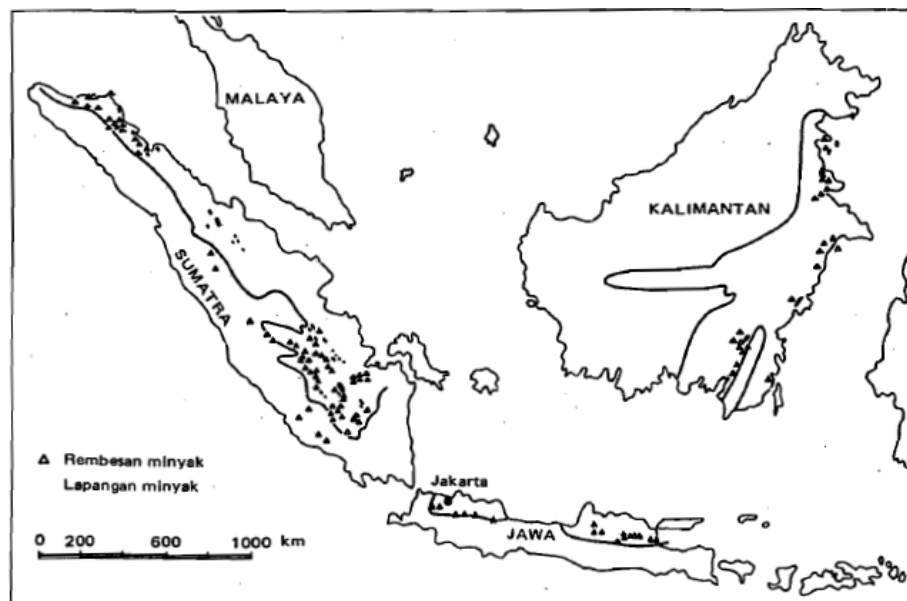


BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber energi, baik itu energi terbarukan maupun tidak terbarukan. Namun sejalan dengan hal tersebut kebutuhan energi di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun, jika dilihat dari laporan PUSDATIN ESDM (2017) kebutuhan energi Indonesia hingga tahun 2050 diprediksi mengalami peningkatan sebesar 4,9% dari tahun 2015. Transportasi dan industri menempati urutan pertama dalam kebutuhan konsumsi energi. Saat ini energi fosil yang merupakan energi tidak terbarukan masih menjadi komoditas utama dalam penggunaan energi di Indonesia. Penemuan baru akan sumber-sumber energi di Indonesia mampu menambah rekam besaran cadangan energi yang dimiliki, sebagai contoh wilayah manifestasi panas bumi Sangubanyu.



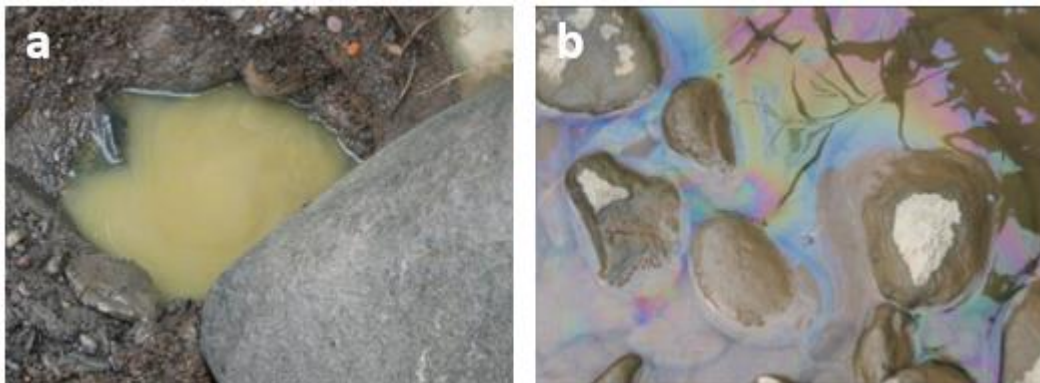
Gambar 1.1 Peta penyebaran rembesan minyak di Indonesia bagian barat (menurut Link, 1952 dalam Koesoemadinata, 1980)

Kawasan panas bumi Sangubanyu memiliki manifestasi mata air panas yang terletak di Desa Sangubanyu, Kabupaten Batang, Jawa Tengah. Secara geografis terletak pada koordinat $7^{\circ}5'44,89''\text{LS}$ – $7^{\circ}6'11,26''\text{LS}$ dan $109^{\circ}57'39,64''\text{BT}$ – $109^{\circ}57'55,54''\text{BT}$. Berdasarkan lembar Banjarnegara-Pekalongan, Formasi yang tersusun atas kawasan ini ialah Kipas Aluvium dengan rombakan gunung api yang

telah tersayat dan Formasi Kaligetas dengan satuan batu breksi vulkanik, batupasir tufan, dan batu lempung. Sudarmawan (2019) membuktikan adanya singkapan batu breksi vulkanik di kedua titik pada kawasan manifestasi panas bumi Sangubanyu. Struktur geologi yang berkembang pada daerah Sangubanyu berupa kelurusan sesar normal dengan arah relatif barat laut-tenggara, hal ini diperkuat pula dengan penelitian terdahulu menggunakan metode geolistrik dan magnetik (Hanifah, 2018; Dewi, 2018). Selain adanya manifestasi panas bumi, pada kawasan ini terdapat pula rembesan minyak di permukaan yang letaknya sangat berdekatan dengan kolam air panas (Fatma *et al.*, 2019). Di Pulau Jawa terdapat tiga kawasan vulkanik yang memiliki rembesan minyak yaitu Blok Banten, Majalengka-Banyumas, dan Serayu Utara (Satyana, 2015). Kawasan manifestasi panas bumi Sangubanyu secara fisiografi terletak pada Zona Serayu Utara dengan Gunung Api Kuarter yang menutupi (van Bemmelen, 1970), kawasan ini terletak di bagian timur laut-timur daerah Gunung Rogojembangan, bagian utara Gunung Prau dan Dataran Dieng, dan bagian barat-barat laut Gunung Ungaran. Menurut Truesdell (1971) kawasan manifestasi panas bumi Sangubanyu tidak berkaitan langsung dengan sistem panas bumi Dieng. Pemanfaatan secara langsung energi panas bumi Sangubanyu oleh warga sekitar saat ini hanya sebagai area wisata pemandian air panas, dan belum dimanfaatkan sebagai area wisata yang edukatif untuk pelajar, maupun pemanfaatan energi panas bumi sebagai pengeringan produk pertanian.

Rembesan minyak atau yang biasa disebut *oil seepage* merupakan kemunculan minyak ke permukaan yang bermigrasi dari kondisi tekanan tinggi menuju tekanan rendah melalui rekahan-rekahan batuan (Zheng *et al.*, 2018). Rembesan (*seepage*) memiliki variable komponen yang sangat beragam, dapat berupa minyak, gas, bitumen cari, aspal dan tar (Kennicutt, 2017). Menurut Zheng *et al.* (2018) jenis *seepage* dibagi menjadi dua yaitu *macro-seepage*; *oil* dan *gas seeps*, lumpur vulkanik, dan bitumen. Sedangkan *micro-seepage* berupa emisi yang lolos. Adanya rembesan minyak di kawasan manifestasi panas bumi Sangubanyu memberikan gambaran bahwa selain adanya manifestasi panas bumi juga merupakan prospek keberadaan migrasi hidrokarbon yang berasal dari daerah sekitarnya (Hidayat dan Fatimah, 2007).

Model konseptual suatu lapangan panas bumi maupun minyak bumi didasarkan pada informasi geologis, baik dari pemetaan atas permukaan hingga analisis data bawah permukaan (Masabanda, 2016). Berbagai metode eksplorasi digunakan untuk mengidentifikasi potensi sumber energi di bawah permukaan. Metode geofisik adalah metode yang paling efektif untuk proses eksplorasi sumber energi baik panas bumi maupun minyak bumi. Beberapa hasil dari metode tersebut dapat menjadi parameter yang langsung mengacu pada aktivitas geologi (Abdou, 2015). Ada berbagai macam metode geofisik yang biasa dilakukan seperti metode *Ground Penetrating Radar* (GPR), seismik, *gravity*, hingga magnetik (Teixidó, 2012); (Adewuyi dan Ahmed, 2019). Dalam pemodelan lapangan Sangubanyu peneliti menerapkan survei seismik dengan metode HVSR (*Horizontal Vertical Spectre Ratio*).



Gambar 1.2 Rembesan minyak di Pulau Jawa. Banyumas (a), dan Serayu Utara (b) (Satyana, 2015)

Metode HVSR merupakan metode yang terbilang baru dalam penerapannya di bidang potensi energi panas bumi dan minyak bumi. Metode HVSR juga biasa disebut metode mikrotremor karna menggunakan data mikrotremor dalam penerapannya. Metode HVSR merupakan metode seismik pasif untuk merekam getaran yang dihasilkan aktivitas bumi ataupun aktivitas manusia. HVSR digunakan untuk membantu menganalisis struktur bawah permukaan melalui pembacaan getaran suatu batuan. Permukaan bumi senantiasa bergerak pada frekuensi seismik bahkan dengan pergerakan gempa atau tidak. Getaran konstan pada permukaan bumi ini disebut *microseisms* atau *microtremors* atau dengan istilah *microtremor* yang lebih umum digunakan (Okada, 2003). Mikrotremor

merupakan getaran yang memiliki amplitudo simpangan yang sangat kecil sekitar 0,1 hingga 1,0 μm dan kecepatan getaran sekitar 0,001 cm/s hingga 0,01 cm/s (Mirzaoglu dan Dýkmen, 2003). Istilah mikrotremor sendiri lebih umum digunakan di bidang teknik kegempaan. Menurut Sungkono dan Santosa (2011) gelombang yang terekam pada pengukuran mikrotremor adalah gabungan antara gelombang badan (*body wave*) dan gelombang permukaan (*surface wave*). Gelombang badan merambat melalui lapisan interior bumi, dan terdiri atas gelombang longitudinal atau primer (P) dan gelombang transversal atau sekunder (S). Gelombang P arah geraknya sejajar dengan arah perambatan gelombang, gelombang ini dapat merambat di media padat maupun cair, gelombang S atau biasa disebut gelombang geser (*shear wave*) adalah gelombang yang arah geraknya tegak lurus dengan arah perambatan gelombang, gelombang ini tidak dapat merambat pada medium cair. Okada (2003) menyatakan bahwa metode mikrotremor jika digunakan secara efektif mampu memberikan penilaian awal sebelum survei rinci pada struktur geologi. Keunggulan dari metode ini ialah mobilisasi mudah, praktis, dan murah, selain itu tidak merusak lingkungan serta mengganggu aktivitas masyarakat.

Survei geofisika dengan metode seismik pasif HVSR ini diharapkan mampu menjadi bahan penelitian untuk mendapatkan kondisi bawah permukaan sehingga diketahui penyebab terjadinya rembesan minyak di area manifestasi panas bumi Sangubanyu, mengingat belum banyak penelitian terdahulu yang dilakukan terkait hal tersebut pada kawasan ini, walaupun sudah terdapat beberapa penelitian yang membahas penyebab kemunculan mata air panas di Sangubanyu.

1.2. Perumusan Masalah

Untuk mengetahui penyebab adanya rembesan minyak pada kawasan manifestasi panas bumi Sangubanyu diperlukan analisis suatu lapisan bawah permukaan melalui pemodelan struktur lapisan batuan, sehingga data yang telah dikumpulkan melalui survei mikrotremor dan telah dianalisis diharapkan mampu menggambarkan penyebab munculnya minyak ke permukaan pada lapangan panas bumi. Dalam penelitian ini dapat dirumuskan masalah dan pertanyaan yaitu:

1. Bagaimana kondisi bawah permukaan daerah penelitian berdasarkan sebaran nilai kecepatan gelombang melalui pengolahan data mikrotremor menggunakan metode HVSR?
2. Apa yang menyebabkan adanya rembesan minyak pada kawasan manifestasi panas bumi Sangubanyu?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis bawah permukaan melalui nilai kecepatan gelombang pada daerah penelitian menggunakan metode HVSR.
2. Menganalisis penyebab terjadinya rembesan minyak di kawasan manifestasi panas bumi Sangubanyu.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu membuktikan serta mengklarifikasi penelitian yang telah dilakukan sebelumnya baik secara geofisik maupun geologi. Selain itu penyusun berharap hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan di kalangan akademisi, peneliti, pekerja di bidang energi, serta pemerintah dan masyarakat setempat untuk lebih menggali potensi kawasan manifestasi panas bumi Sangubanyu baik dari segi pariwisata maupun keilmuan.

1.5. Originalitas Penelitian

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan di kawasan manifestasi panas bumi Sangubanyu untuk mengetahui kondisi bawah permukaan daerah tersebut, di antaranya yaitu “Interpretasi Struktur Bawah Permukaan di Area Panas Bumi Pesanggrahan, Sangubanyu Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi *Schlumberger*” (Hanifah, 2018), “Interpretasi Bawah Permukaan Area Manifestasi Mata Air Panas Sangubanyu dengan Metode Magnetik” (Dewi, 2018), dan “*Subsurface Structure Investigation on Sangubanyu Geothermal Field*” (Harmoko *et al.*, 2019). Dari hasil interpretasi berdasarkan metode geolistrik dan magnetik struktur geologi yang berkembang pada kawasan tersebut adalah sesar turun dengan arah barat laut-tenggara, dan Harmoko *et al.* (2019) menambahkan bahwa selain

adanya sesar berarah barat laut-tenggara, juga terdapat sesar berarah barat daya-timur laut yang selurus dengan kali Lampir.

Satyana (2015) menjelaskan bahwa kemunculan minyak di area vulkanik khususnya Serayu Utara diprediksi disebabkan oleh adanya sesar yang dihasilkan melalui penunjaman dari arah selatan Pulau Jawa menuju utara. Kawasan Serayu Utara memiliki potensi hidrokarbon yang cukup besar, ini dibuktikan dengan banyaknya rembesan yang terjadi di kawasan tersebut, namun tebalnya vulkanik pada kawasan ini menjadikan hasil perekaman seismik yang buruk, dan susah memprediksi letak reservoir dan jalur migrasinya, hal tersebut dibuktikan dengan banyaknya kegagalan atas pengeboran minyak yang hanya menghasilkan sumur kering. Hingga saat ini hanya lapangan minyak Cipluk yang telah berhasil memproduksi minyak dalam jumlah yang besar, namun lapangan ini telah ditutup dan hanya warga sekitar yang memproduksinya secara tradisional.

Penelitian serupa yang berkaitan dengan rembesan minyak di daerah potensi hidrokarbon sudah banyak dilakukan sebelumnya, akan tetapi tidak pada daerah manifestasi panas bumi. Berkaitan dengan metode survei yang digunakan, bahwa tidak banyak yang menggunakan metode HVSR untuk diaplikasikan pada daerah panas bumi. Berikut penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, baik dengan tema rembesan minyak maupun dilihat dari sisi metode yang digunakan.

Tabel 1.1 Ringkasan penelitian terdahulu

No.	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Truesdell (1971)	<i>Geochemical Evaluation of the Dieng Mountains, Central Java for the Production of Geothermal Energy</i>	Mata air panas di Plantungan-Sangubanyu memiliki kandungan Klorida tertinggi dibandingkan seluruh mata air panas yang dikunjungi (Kalianget, Kalibening, Kaliputih, Tempuran, Plantungan, dan Panaraban). Posisinya berada di seberalah utara kawasan panas bumi Dieng dan terdapat rembesan minyak (<i>oil seep</i>) disekitar area manifestasi air panas.

Tabel 1.1 (lanjutan)

No.	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
2.	Pameco dan Amijaya (2015)	Pengaruh Struktur Geologi Terhadap Munculnya Rembesan Minyak dan Gas di Daerah Boto, Kecamatan Bancak, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah	Struktur geologi yang teridentifikasi sangat berperan dalam sistem petroleum. Antiklin Bancak bertindak sebagai <i>trap</i> bagi hidrokarbon yang bermigrasi, sedangkan litologi berupa batulempung karbonatan sisipan batupasir tufan dari Formasi Kerek bertindak sebagai <i>seal</i> yang dapat membentuk akumulasi di bawah permukaan, namun kehadiran sesar geser Galeh dan Bantal yang mengakibatkan dan menjadi jalan hidrokarbon bermigrasi ke permukaan.
3.	Satyana (2015)	<i>Subvolcanic Hydrocarbon Prospectivity of Java: Opportunities and Challenges</i>	Rembesan minyak dan gas yang terjadi dan telah tereksplorasi di Pulau Jawa terbagi atas 3 kelompok, yaitu Blok Banten, area Majalengka-Banyumas, dan area Serayu Utara. Batuan sedimen yang bersifat vulkaniklastik menekan batuan <i>source rock</i> hingga kedalaman rentang minyak dan gas bumi. Serayu Utara dilapisi vulkanik yang tebal, sehingga hasil seismik yang didapatkan sangat buruk dan susah untuk memprediksi letak reservoir hidrokarbon.
4.	Dewi (2018)	Interpretasi Bawah Permukaan Area Manifestasi Mata Air Panas Sangubanyu dengan Metode Magnetik	Berdasarkan pemodelan 2D data anomali medan magnet pada daerah sumber air panas Sangubanyu terdapat struktur sesar turun berarah barat laut-tenggara, litologi yang menyusun area manifestasi terdiri dari Batupasir, Breksi, dan Batupasir tufan.

Tabel 1.1 (lanjutan)

No.	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
5.	Hanifah (2018)	Interpretasi Struktur Bawah Permukaan di Area Panas Bumi Pesanggrahan, Sangubanyu Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger	daerah penelitian manifestasi panas bumi Pesanggrahan, Sangubanyu tersusun atas top soil, selingan batupasir dan tanah lapuk, lensa batupasir, breksi, tuf, batulempung dan terdapat lensa breksi. Struktur geologi yang berkembang adalah sesar turun dengan arah barat laut-tenggara, yang berperan sebagai zona lemah tempat keluarnya fluida ke permukaan sehingga menyebabkan keluarnya panas bumi ke permukaan.
6.	Yuliyanto <i>et al.</i> (2018)	<i>Identification of landslide area in Jabungan village, Banyumanik, Semarang by using microtremor method</i>	Berdasarkan hasil pengukuran dan olah data HVSR pada lokasi Jabungan, Banyumanik ditemukan bahwa nilai <i>ground shear strain</i> yaitu dari $1,8 \times 10^{-2}$ hingga $4,8 \times 10^{-2}$ mengindikasikan adanya <i>landslide</i> (longsor) terutama sekitar area titik 10 ke titik 11. Berdasarkan profil <i>shear wave</i> terdapat zona berpotensi longsor pada beberapa titik yang terhubung di jalan utama Jabungan di timur batas Formasi Kaligetas dan Formasi Kerek.

Tabel 1.1 (lanjutan)

No.	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
7.	Harmoko <i>et al.</i> (2019)	<i>Subsurface Structure Investigation of Sangubanyu Geothermal Field</i>	Eksplorasi sistem panas bumi dapat diinisiasi berdasarkan adanya manifestasi di permukaan. Penelitian dilakukan untuk mengkarakterisasi lapangan panas bumi berdasarkan geomorfologi, litologi, struktur, dan geohidrologi. Berdasarkan klasifikasi unit geomorfologi area penelitian dibagi atas empat unit yaitu unit <i>Denudational Steeply</i> , <i>Fluvial Steeply</i> , <i>Fluvial Undulating</i> , dan <i>Denudational Undulating</i> . Secara litologi daerah penelitian tersusun atas satuan batu breksi-tuf (merupakan satuan tertua di daerah penelitian), pasir tufa, breksi andesit, intrusi andesit, dan alluvium. Secara regional struktur daerah penelitian memiliki sesar berarah barat laut-tenggara, sesar lainnya terdapat pada arah barat daya-timur laut yang searah dengan Kali Lampir, sehingga pola aliran air tanah dipengaruhi oleh adanya sesar tersebut.