

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Kajian Teoritik**

##### **1. Hakikat IPA dan Pembelajarannya**

IPA (Ilmu Pengetahuan Alam) secara umum dikenal sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari fenomena alam. Carin & Sund (1989: 4), menyatakan bahwa *“Science is the system of knowing about the universe through data collected by observation and controlled experimentation. As data are collected, theories are advanced to explain and account for what has been observed”*. Carin (1993: 4-5) juga menyatakan bahwa IPA sebagai *“the activity of questioning and exploring the universe and finding expressing its hidden order”*. Lebih lanjut, Chiapetta & Koballa (2010: 102), mengemukakan bahwa *“Science is a particular way of knowing about the world. In science explanations are limited to those based on observations and experiments that can be substantiated by other scientists”*. Chiapetta & Koballa (2010: 105) juga menyatakan bahwa IPA dapat dilihat dari empat sudut pandang, yaitu sebagai berikut.

- a. IPA sebagai *a way of thinking*, merupakan IPA sebagai cara untuk berpikir. Berpikir dicirikan dengan adanya aktivitas dalam otak seseorang yang didorong oleh rasa keingintahuan, imajinasi dan pemikiran yang didukung oleh proses, sikap, pembelajaran dan nilai-nilai. Menurut Chiapetta & Koballa (2010: 5), IPA sebagai *a way of thinking* adalah adanya kepercayaan, nilai-nilai dan berpendapat;

- b. IPA sebagai *a way of investigate*, dimana IPA menyediakan beberapa pendekatan untuk mengontruksi pengetahuan dengan cara penyelidikan menggunakan *scientific method* maupun cara penelitian lain yang relevan;
- c. IPA sebagai *a body of knowledge*, yakni IPA sebagai kesatuan yang holistik dari ilmu pengetahuan yang terdiri dari fakta, konsep, hukum, teori dan model; serta
- d. *Science and its interaction with technology and society*, berarti bahwa IPA, teknologi dan masyarakat adalah unsur yang saling terkait. Menurut Asih & Eka (2014: 24), IPA sebagai aplikasi merupakan penerapan metode ilmiah dan konsep IPA dalam kehidupan sehari-hari. McCormack (1992) menyatakan bahwa penggunaan dan penerapan IPA dalam menyelesaikan masalah teknologi sehari-hari di antaranya adalah: menggunakan ketrampilan proses dalam menyelesaikan masalah yang terjadi setiap hari, memahami dan mengevaluasi berita pada media massa terkait perkembangan sains, membuat keputusan yang berhubungan dengan kesehatan diri, nutrisi dan gaya hidup berdasar pemahaman sains, serta mengintegrasikan sains dengan bidang lain.

Berdasar uraian di atas dapat dipahami bahwa produk-produk dalam IPA berasal dari metode ilmiah. Produk IPA kemudian diterapkan dalam kehidupan masyarakat dan digunakan sebagai dasar pengembangan teknologi untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Produk IPA

juga digunakan sebagai dasar pemecahan masalah dalam masyarakat yang berkaitan dengan fenomena alam dalam kehidupan sehari-hari. IPA pada hakikatnya terdiri atas empat unsur yaitu sikap, proses, produk dan aplikasi dimana keempat unsur tersebut harus selalu muncul dalam proses pembelajaran IPA.

IPA juga dapat dimaknai sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari fenomena alam. Salah satu contoh fenomena alam adalah bencana yang sering terjadi di sekitar kita. Oleh karena itu, bencana alam merupakan salah satu hal penting yang perlu dipelajari dalam mata pelajaran IPA. Pembelajaran IPA sebaiknya dilaksanakan dengan memberikan pengalaman langsung kepada peserta didik untuk mengembangkan kompetensi afektif, kognitif maupun psikomotor untuk memahami fenomena alam secara menyeluruh. Pembelajaran IPA seharusnya juga bukan hanya sekedar mempelajari produk dengan menghafal berbagai fakta, konsep, hukum, teori maupun model, tetapi harus mencakup keseluruhan unsurnya baik sikap, proses, produk maupun aplikasi. Hal tersebut dikuatkan oleh pendapat Trianto (2010: 137), yang menyatakan bahwa pembelajaran IPA berkaitan dengan cara mencari tahu tentang alam dengan sistematis sehingga IPA bukan hanya penguasaan kumpulan pengetahuan berupa fakta, konsep atau prinsip saja tetapi juga merupakan suatu proses penemuan. Hakikat pembelajaran IPA seharusnya menuntut peserta didik untuk berperan aktif dalam pembelajaran, sehingga pembelajaran tidak bersifat *teacher centered*. Trianto (2012: 155) juga

menyatakan bahwa melalui pembelajaran IPA, peserta didik diharapkan dapat membangun pengetahuannya melalui cara kerja ilmiah, kerjasama, interaksi, berkomunikasi, serta bersikap ilmiah.

Guru dapat mewujudkan pembelajaran IPA yang ideal apabila guru mampu memilih model pembelajaran yang tepat. Praktisi pendidikan telah mengembangkan berbagai model pembelajaran yang dapat digunakan berdasar karakteristik peserta didik dan karakteristik materi yang akan dipelajari. Pembelajaran IPA dalam penelitian ini menggunakan model pembelajaran *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) yang mampu memfasilitasi peserta didik untuk mempelajari fenomena alam berupa bencana gempa bumi yang melalui pembelajaran secara komprehensif dengan empat unsur IPA (sikap, proses, produk dan aplikasi).

## 2. Model Pembelajaran *Science, Environment, Technology and Society* (SETS)

Model pembelajaran digunakan sebagai pedoman guru dalam merencanakan dan melakukan aktivitas belajar dan mengajar. I Wayan Santyasa (2007 : 7), menyatakan bahwa model pembelajaran merupakan kerangka konseptual yang melukiskan prosedur yang sistematis dalam mengorganisasikan pengalaman belajar untuk mencapai tujuan belajar. Joyce dan Weil (1996: 11) juga menyatakan bahwa

*A model of teaching is a description of a learning environment. The description have many uses, ranging from planning curriculums, courses, units, and lessons to designing instructional materials-books and workbooks, multimedia programs, and computer-assisted learning programs.*

Ciri model pembelajaran yang baik menurut Fathurrohman (2015: 31), adalah sebagai berikut.

- a. Adanya keterlibatan emosional peserta didik melalui kegiatan mengalami, menganalisis, berbuat dan pembentukan sikap.
- b. Adanya keikutsertaan peserta didik secara aktif dan kreatif selama pelaksanaan model pembelajaran.
- c. Guru bertindak sebagai fasilitator, mediator dan motivator kegiatan belajar peserta didik.
- d. Penggunaan berbagai metode, alat dan media pembelajaran.

Menurut Joyce dan Weil dalam Anna Poedjiadi (2010: 121), model pembelajaran dikelompokkan ke dalam empat kelompok besar, yaitu: (a) model pembelajaran pemrosesan informasi yang menitikberatkan kemampuan individu merespons informasi; (b) model pribadi yang menekankan bagaimana individu mengkonstruksi dan mengorganisasi realitanya yang unik; (c) model interaksi sosial yang menekankan pada hubungan individu dengan masyarakat atau dengan pribadi lain; dan (d) model tingkah laku yang mementingkan perubahan tingkah laku individu setelah memperoleh pembelajaran atau perlakuan. Anna Poedjiadi (2010: 123) menyebutkan bahwa selain model tersebut di atas, terdapat model pembelajaran lain yang mengaitkan unsur sains, teknologi dan masyarakat yakni model pembelajaran Sains, Teknologi dan Masyarakat (STM).

Suyono (2015: 73) menyatakan bahwa

Sejumlah istilah digunakan oleh para pendidik dan praktisi pendidikan untuk *Science, Technology and Society* yang diterjemahkan menjadi Sains, Teknologi, Masyarakat disingkat menjadi STM, SATEMAS atau ITM, ada yang menyebut *Science, Environment, Technology* (STS) serta *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) yang disingkat dengan Salingtemas, namun pada hakikatnya esensinya sama saja.

Peneliti menyebut model pembelajaran yang mengaitkan unsur sains, teknologi dan masyarakat sebagai model pembelajaran *Science, Environment, Technology and Society* (SETS).

Amirshokoohi (2010: 57), menyatakan bahwa pengembangan kerangka *Science, Technology and Society* didasari dari pandangan filsafat konstruktivis dengan kondisi peserta didik membangun pengetahuan berdasar proses belajar yang menuntut peserta didik berperan aktif dalam proses pembelajaran. Menurut Anna Poedjiadi (2005: 123), model pembelajaran sains teknologi dan masyarakat (STM) mengaitkan antara sains dan teknologi serta manfaatnya bagi masyarakat. Menurut *National Science Teacher Association* (NSTA), definisi *Science, Technology and Society* adalah belajar dan mengajar sains dalam kontek pengalaman manusia (Putra, 2013: 140). Binadja (2002: 24) juga menyatakan bahwa pendekatan SETS merupakan pembelajaran yang mengaitkan keempat unsurnya, yakni Sains, Lingkungan, Teknologi dan Masyarakat dalam pembelajaran. Pembelajaran dengan model Sains, Teknologi, Masyarakat meliputi enam ranah yang terlibat dalam pembelajaran sebagai berikut.

- a. Konsep, fakta, generalisasi, diambil dari bidang ilmu tertentu dan merupakan kekhasan masing-masing bidang ilmu.
- b. Proses, berarti cara memperoleh konsep dalam bidang ilmu tertentu.
- c. Kreativitas, mencakup lima perilaku individu, yaitu :
  - 1) Kelancaran. Perilaku ini merupakan kemampuan sseorang dalam menunjukkan banyak ide untuk menyelesaikan masalah-masalah.

- 2) Fleksibilitas. Seorang kreatif yang fleksibel mampu menghasilkan berbagai macam ide di luar ide biasa yang dilakukan orang.
  - 3) Originalitas. Seseorang yang memiliki originalitas dalam mencobakan suatu ide memiliki kekhasan yang berbeda dibandingkan dengan individu lain.
  - 4) Elaborasi. Seseorang yang memiliki kemampuan elaborasi mampu menerapkan ide-ide secara rinci.
  - 5) Sensitivitas. Kemampuan kreatif terakhir ini adalah peka terhadap masalah atau situasi yang berada di lingkungannya.
- d. Aplikasi konsep dalam kehidupan sehari-hari.
  - e. Sikap, dalam hal ini mencakup menyadari kebesaran Tuhan, menghargai hasil penemuan para ilmuwan dan penemu produk teknologi, peduli terhadap smasyarakat yang kurang beruntung dan memelihara kelestarian lingkungan.
  - f. Cenderung untuk ikut melaksanakan tindakan nyata apabila terjadi sesuatu dalam lingkungannya yang membutuhkan peran sertanya.
- (Anna Poedjiadi, 2005: 131-132).

Yager dalam Gusfarenie (2013: 25), tujuan pembelajaran STM dikarakteristikkan sebagai domain yang terdiri atas lima domain sebagai berikut.

- a. Domain konsep, memfokuskan pembelajaran pada muatan sains. Domain ini meliputi fakta, penjelasan, teori dan hukum.

- b. Domain proses, menekankan pada proses memperoleh pengetahuan. Domain ini meliputi proses yang sering disebut sebagai ketrampilan proses sains.
- c. Domain aplikasi, menekankan pada penerapan konsep dan ketrampilan dalam memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari.
- d. Domain kreativitas, terdiri atas interaksi kompleks dari ketrampilan dan proses mental. Kreativitas dalam konteks ini terdiri dari empat langkah yaitu tantangan terhadap imajinasi, inkubasi, kreasi fisik dan evaluasi.
- e. Domain sikap, meliputi pengembangan sikap positif terhadap sains pada umumnya, kelas sains, program sains, kegunaan belajar sains dan sikap positif terhadap diri sendiri. (Gusfarenie, 2013: 25-26).

Anna Poedjiadi (2005: 125), menyatakan bahwa pendekatan sains, teknologi dan masyarakat (STM) dapat menjadi sebuah model pembelajaran karena adanya pola tertentu dari langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pembelajaran. Anna Poedjiadi (2005 : 126) merumuskan langkah-langkah dalam kegiatan pembelajaran berbasis STM ke dalam lima tahap, yaitu:

- a. Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan meliputi inisiasi/ invitasi/ apersepsi/ motivasi. Tahap pendahuluan merupakan undangan agar peserta didik memusatkan perhatian pada pembelajaran. Guru meminta peserta didik untuk mengidentifikasi isu-isu/masalah sosial yang berada di

lingkungan sekitar peserta didik. Jika peserta didik tidak dapat mengutarakan isu/ masalah sosial, guru dapat memulai terlebih dahulu untuk mengutarakan isu/masalah sosial.

b. Tahap Pembentukan/Pengembangan Konsep

Tahap pembentukan/pengembangan konsep ini bertujuan untuk menanamkan suatu konsep kepada peserta didik. Peserta didik diharapkan telah memiliki pemahaman mengenai konsep-konsep dalam pembelajaran pada akhir tahap pembentukan konsep.

c. Tahap Aplikasi Konsep

Tahap aplikasi konsep merupakan tahapan untuk mengaplikasikan konsep yang telah dipelajari pada tahap pembentukan/pengembangan konsep. Guru meminta peserta didik diminta untuk menerapkan konsep yang telah dipahami untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari.

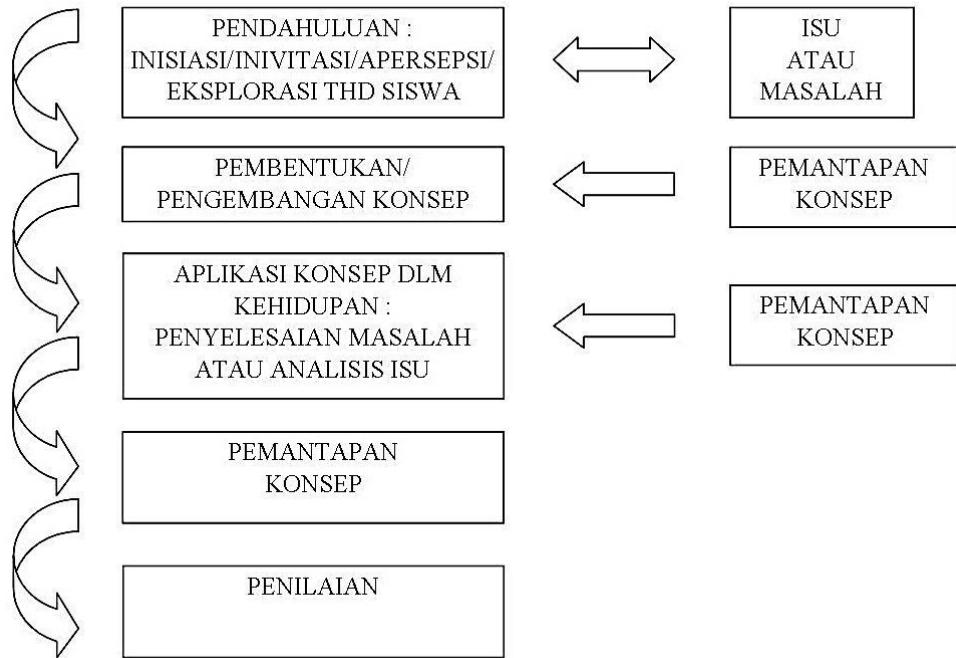
d. Tahap Pemantapan Konsep

Tahap pemantapan konsep merupakan tahap dimana guru mengonfirmasi jika terjadi miskonsepsi pada tahap pembelajaran sebelumnya. Pemantapan konsep perlu dilakukan pada akhir pembelajaran supaya pemahaman konsep peserta didik menjadi lebih kuat.

e. Tahap Penilaian

Penilaian dilakukan untuk mengetahui ketercapaian tujuan pembelajaran. Penilaian dapat dilakukan dengan berbagai metode,

karena dengan model pembelajaran SETS ini hasil belajar yang diperoleh siswa beragam.



Gambar 1. Tahapan Model Pembelajaran SETS  
(Sumber: Anna Poedjiadi, 2005 : 126)

Yager (1996) dalam Gusfarenie (2013: 27), menyatakan model pembelajaran STM dengan landasan konstruktivisme memiliki empat fase pembelajaran sebagai berikut.

a. Fase Invitasi

Fase invitasi mengajak peserta didik untuk mengungkapkan isu sains dalam kehidupan sehari-hari. Berdasar isu sains yang telah diungkapkan siswa, guru mengidentifikasi perbedaan persepsi dan ekspektasi peserta didik kemudian mengaitkannya dengan pokok bahasan yang akan dipelajari.

b. Fase eksplorasi

Fase eksplorasi menuntut guru untuk memfasilitasi siswa dalam rangka memecahkan isu/masalah yang telah diungkapkan pada fase invitas. Guru dituntut untuk menciptakan kegiatan menyelidiki mulai dari menyampaikan pendapat, mencari informasi, bereksperimen, mengobservasi, mengumpulkan dan menganalisis data serta merumuskan kesimpulan.

c. Fase eksplanasi

Peran guru dalam fase ini lebih dominan dibanding dua fase sebelumnya. Guru harus mengelaborasi hasil kegiatan peserta didik pada fase invitas dan eksplorasi. Oleh karena itu, guru mengomunikasikan informasi, ide, konsep dan penjelasan baru untuk diintegrasikan dalam usaha pemecahan isu/masalah pada fase invitas.

d. Fase aksi atau aplikasi

Fase aksi memberi kesempatan pada peserta didik untuk mengaplikasikan pengetahuan yang diperoleh ke dalam masalah baru yang relevan.

Carin & Sund (1994: 59) juga menjelaskan bahwa pembelajaran sains yang bertemakan sains dan teknologi terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut.

a. *Motivational Exercise*

Fase ini menuntut guru untuk menghadirkan isu yang dapat menarik minat peserta didik. Peserta didik diharapkan dapat

melakukan ketrampilan menginferensi, bertanya maupun berdiskusi untuk membahas isu yang dihadirkan dalam pembelajaran.

b. *Information Expansion*

Guru menyampaikan informasi atau konsep-konsep baru kepada peserta didik.

c. *Culminating Activity*

Fase ini meminta guru untuk menghadirkan masalah baru yang dapat dipecahkan oleh peserta didik berdasar konsep yang telah diperoleh pada dua langkah pembelajaran sebelumnya (peserta didik mengaplikasikan konsep).

Langkah-langkah dalam model pembelajaran *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) yang dikemukakan oleh Anna Poedjiadi (2005: 126), Yager dalam Gusfarenie (2013: 27) dan Carin & Sund (1994: 59) pada dasarnya memiliki suatu kesamaan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa langkah pembelajaran dengan model *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) terdiri dari pendahuluan/invitasi/inisiasi/apersepsi/eksplorasi terhadap siswa, pembentukan/pengembangan konsep, aplikasi konsep, pemantapan konsep dan penilaian. Tahap pendahuluan/invitasi/inisiasi/apersepsi/eksplorasi terhadap peserta didik meminta peserta didik untuk menghadirkan isu/masalah sosial yang berkaitan dengan pembelajaran. Tahap pembentukan /pengembangan konsep merupakan proses pemberian informasi baru kepada peserta didik. Peserta didik diharapkan dapat

menghubungkan informasi lama dengan informasi baru yang diperoleh sesuai dengan tingkat kemampuannya. Tahap aplikasi konsep merupakan tahapan dimana guru menghadirkan masalah yang berbeda dengan isu/masalah yang disajikan pada tahap pendahuluan. Peserta didik diminta untuk memecahkan isu/masalah baru yang dihadirkan guru berdasar pengetahuan yang telah diperoleh pada dua tahap pembelajaran sebelumnya. Tahap pemantapan konsep menuntut guru untuk meluruskan jika terjadi miskonsepsi pada peserta didik. Tahap yang terakhir adalah penilaian, dimana guru melakukan pengukuran sejauh mana tujuan pembelajaran telah tercapai.

Berdasar uraian pada paragraf di atas, dapat diketahui bahwa model pembelajaran *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) merupakan rangkaian prosedur pembelajaran yang mengintegrasikan unsur sains, teknologi, lingkungan dan masyarakat dalam pembelajaran. Model pembelajaran *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) dinilai lebih bermakna bagi peserta didik karena menghadirkan isu-isu atau masalah sosial yang berada di lingkungan sekitar peserta didik. Isu-isu atau masalah sosial tersebut mendorong peserta didik untuk lebih mudah dalam memahami konsep sains karena lebih dekat dengan kehidupan peserta didik. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Winarni (2009) dalam Reny Dwi Riastuti (2015:30), bahwa untuk mempelajari suatu materi sains yang baru, pengalaman belajar yang lalu dari seseorang akan mempengaruhi proses belajar sains apalagi jika diajarkan dengan

pendekatan Sains, Lingkungan, Teknologi, Masyarakat. Model pembelajaran *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) juga menuntut peserta didik untuk berperan aktif dalam semua tahap pembelajaran.

Unsur pertama dari model pembelajaran *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) adalah sains. Sains atau IPA merupakan kesatuan dari sikap, proses, produk dan aplikasi. Unsur lingkungan adalah segala sesuatu yang berada di sekitar makhluk hidup. Menurut Fathurrohman (2013: 177), lingkungan memberi kontribusi yang banyak bagi penciptaan suasana yang menunjang kehidupan, sehingga lingkungan betapapun kecilnya memiliki nilai-nilai untuk dijalankan dan menjadi perhatian setiap manusia. Menurut Mulyasa (2013 : 213), mengemukakan jenis-jenis lingkungan yang dapat digunakan peserta didik untuk kepentingan pembelajaran yaitu: (a) Lingkungan, baik faktor fisik, biologi, sosio ekonomi dan budaya yang berpengaruh dan berinteraksi dengan kehidupan peserta didik; (b) Setiap unsur yang ada dalam kelompok masyarakat; dan (c) Ahli-ahli yang meliputi tokoh masyarakat yang memiliki pengetahuan berkaitan dengan pembelajaran. Berdasar uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa lingkungan merupakan segala sesuatu yang berada di sekitar makhluk hidup, yang memberi kontribusi dalam pembelajaran manusia. Lingkungan dapat digunakan sebagai salah satu sarana pembelajaran sains.

Unsur selanjutnya dalam model pembelajaran *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) adalah teknologi. Hungerford & Volk (1990 : 16) menyatakan bahwa “*Technology is often called applied science*”. Lebih jauh, Chiapetta & Koballa (2010 : 197) menyatakan hubungan antara ilmu pengetahuan dan teknologi sebagai berikut.

*Science can be regarded as enterprise that seeks to understand natural phenomena and to arrange these ideals into ordered knowledge, whereas technology involves the design of products, systems and processes that affect the quality of life, using the knowledge of science where necessary.*

Berdasar dua pendapat di atas, disimpulkan bahwa teknologi menggunakan ilmu pengetahuan dalam membuat produk, sistem dan proses dalam kehidupan guna meningkatkan kualitas hidup manusia. Teknologi dapat juga diartikan sebagai suatu penerapan sains.

Unsur terakhir dalam model *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) adalah masyarakat. Masyarakat merupakan lingkungan pergaulan sehari-hari, teknologi, pranata sosial, aspek-aspek sosial budaya dan nilai yang dianut oleh suatu kelompok (Fatonah & Prasetyo, 2014: 50). Mulyasa (2013: 215), juga menyatakan bahwa sekolah dan masyarakat memiliki hubungan rasional sebagai berikut.

- a. Adanya kesesuaian antara fungsi pendidikan yang diperankan oleh sekolah dengan keperluan masyarakat
- b. Ketetapan sasaran dan target pendidikan yang ditangani oleh sekolah ditentukan oleh kejelasan kontrak antara sekolah dan masyarakat
- c. Keberhasilan fungsi akhir sekolah sebagai layanan pesanan masyarakat dipengaruhi oleh ikatan objektif antara sekolah dan masyarakat.

Berdasar dua pendapat ahli tersebut, dapat diketahui bahwa masyarakat adalah lingkungan pergaulan sehari-hari yang memiliki hubungan yang rasional dengan sekolah, sains maupun teknologi. Lebih lanjut Fatonah & Prasetyo (2014: 52), menyatakan bahwa pengaruh masyarakat terhadap sains dan teknologi diantaranya dalam hal pengendalian dana, kebijakan, aktivitas saintis, industri, perkembangan militer, moral dan etika dalam penelitian dan rekayasa, dan institusi pendidikan.

Uraian mengenai sains, lingkungan, teknologi dan masyarakat membawa suatu kesimpulan bahwa keempat unsur tersebut saling terkait. Kemajuan sains akan berpengaruh terhadap kemajuan teknologi. Kemajuan sains dan teknologi akan berpengaruh terhadap lingkungan dan kehidupan sosial masyarakat. Masyarakat juga berperan dalam mengendalikan kemajuan sains, teknologi dan penerapannya dalam kehidupan. Materi pelajaran yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) dikaitkan dengan contoh-contoh nyata yang berhubungan dengan masyarakat di sekitar peserta. Model ini juga membantu peserta didik untuk memahami hubungan serta dampak dari kemajuan sains dan teknologi terhadap lingkungan dan masyarakat, sehingga dapat membangun sikap positif peserta didik. Siti Amaliya,dkk (2011), menyatakan bahwa pembelajaran IPA berbasis *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) dapat diintegrasikan dalam kurikulum sekolah karena sesuai dengan latar belakang pembelajaran sains di

SMP/MTs pada lampiran Permendiknas No.22 Tahun 2006 bahwa diharapkan adanya penekanan pembelajaran salingtemas (sains, lingkungan, teknologi dan masyarakat).

Keuntungan diterapkannya model pembelajaran *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) menurut Kumar & Chubin (2000: 16), beberapa di antaranya yaitu: (a) memperoleh banyak informasi yang dapat meningkatkan kepedulian terhadap isu yang berkaitan dengan sains dan teknologi yang sedang terjadi dalam masyarakat; (b) memungkinkan peserta didik untuk menganalisis isu secara kritis; (c) berkembangnya kepedulian mengenai pengaruh teknologi dalam kehidupan peserta didik dan interaksi teknologi dengan kehidupan peserta didik; (d) semakin banyak peserta didik yang memilih untuk melanjutkan studi pada bidang sains dan teknologi. Anna Poedjiadi (2005: 137) juga menyatakan bahwa jika dibandingkan dengan kelompok yang menggunakan model pembelajaran lain, kelompok yang menggunakan model Sains, Teknologi dan masyarakat memiliki kreativitas yang lebih tinggi, kepedulian terhadap masyarakat dan lingkungan yang lebih besar, lebih mudah mengaplikasikan konsep-konsep yang dipelajari untuk kebutuhan masyarakat, dan cenderung untuk mau berpartisipasi dalam kegiatan menyelesaikan masalah di lingkungannya. Kendala dalam menggunakan model pembelajaran *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) menurut Anna Poedjiadi (2005: 137), di antaranya adalah (a) jika dirancang dengan baik, membutuhkan waktu lama untuk

merancang dibanding dengan model lainnya; (b) tidak mudah dalam mencari isu atau masalah yang terkait dengan topik pembelajaran; dan (c) guru perlu menguasai materi yang terkait dengan konsep dan proses sains selama pembelajaran.

### 3. Kesiapsiagaan Bencana (*Disaster Preparedness*) Gempa Bumi

Menurut Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa, manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis. Bencana digolongkan ke dalam tiga kategori seperti yang terdapat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Jenis-jenis Bencana

Jenis	Definisi
Bencana Alam	Bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor.
Bencana Nonalam	Bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa nonalam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi dan wabah penyakit.
Bencana Sosial	Bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang diakibatkan oleh manusia yang meliputi konflik sosial antarkelompok, antarkomunitas masyarakat, dan teror.

(Sumber : UU No 24 Tahun 2007)

Salah satu bencana alam seperti yang telah dikemukakan pada paragraf di atas adalah gempa bumi. Menurut Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (tanpa tahun: 4), gempa bumi adalah berguncangnya bumi yang disebabkan oleh tumbukan antar lempeng bumi, patahan aktif aktivitas gunung api atau runtuhan bangunan. Gempa

bumi yang terjadi tentu mengakibatkan kerugian baik korban jiwa maupun harta benda yang harus dihindari. Oleh karena itu, masyarakat perlu untuk meningkatkan kesiapsiagaan bencana gempa bumi supaya dapat meminimalkan resiko bencana gempa bumi.

Kesiapsiagaan (*preparedness*) diperlukan untuk meminimalkan terjadinya resiko bencana. Kesiapsiagaan adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengantisipasi bencana melalui pengorganisasian serta melalui langkah yang tepat guna dan berdaya guna (UU No 24 Tahun 2007, Bab I Ketentuan Umum, angka 7). Menurut Carter (1991) dalam LIPI-UNESCO/ISDR (2006), kesiapsiagaan adalah tindakan-tindakan yang memungkinkan pemerintah, organisasi, masyarakat, dan individu untuk mampu menanggapi suatu situasi bencana secara cepat dan tepat guna. Menurut Heru Susetyo (2006: 1), kesiapsiagaan adalah setiap aktivitas sebelum terjadi bencana yang bertujuan untuk mengembangkan kapabilitas operasional dan memfasilitasi respon yang efektif ketika suatu bencana terjadi. Achmad Jaelani (2008 : 53), juga menjelaskan bahwa kesiapsiagaan mencakup upaya-upaya yang memungkinkan pemerintah, masyarakat dan individu merespon secara cepat situasi bencana secara efektif dengan menggunakan kapasitas sendiri. Berdasar empat pendapat tersebut, dapat diketahui bahwa kesiapsiagaan adalah tindakan sebelum bencana yang dilakukan oleh semua pihak baik individu, masyarakat maupun pemerintah dalam rangka menanggulangi bencana dan

menyiapkan diri untuk menghadapi situasi bencana dengan tepat, efisien dan efektif.

Berdasarkan penelitian Ag. Cahyo Nugroho (2007), kesiapsiagaan memiliki empat parameter yaitu pengetahuan, perencanaan, sistem peringatan dini, dan mobilisasi sumber daya. Aspek pengetahuan digunakan untuk mengetahui kemampuan dasar responden mengenai bencana alam seperti gejala dan penyebab bencana alam. Aspek perencanaan digunakan untuk mengetahui tindakan apa yang akan dan telah dilakukan dalam menghadapi bencana alam, seperti rencana penyelamatan diri, pemilihan kode dan alat komunikasi, peta evakuasi, titik evakuasi, obat-obatan dan hal lain yang perlu disiapkan dalam menghadapi bencana. Aspek sistem peringatan ditekankan pada penyebaran informasi mengenai bencana alam, sedangkan aspek mobilisasi sumber daya ditekankan pada peningkatan kapasitas berupa pengetahuan maupun ketrampilan oleh anggota masyarakat. Deny Hidayati, *et al.* (2006: 14), menyatakan bahwa parameter kesiapsiagaan bencana meliputi pengetahuan dan sikap terhadap resiko bencana, kebijakan dan panduan, sistem peringatan dini rencana untuk keadaan darurat bencana, serta kemampuan untuk memobilisasi sumber daya. BNPB (2012: 29-35) juga menyatakan bahwa parameter kesiapsiagaan bencana meliputi (a) pengetahuan, sikap dan tindakan; (b) kebijakan sekolah/madrasah; (c) perencanaan kesiapsiagaan dan (d) mobilisasi sumber daya. Berdasar tiga pendapat di atas, parameter kesiapsiagaan

dalam penelitian ini dibatasi pada aspek (a) pengetahuan dan sikap terhadap resiko bencana; (b) sistem peringatan dini; (c) rencana tanggap darurat dan (d) kemampuan memobilisasi sumber daya. Aspek kebijakan sekolah/madrasah tidak diteliti karena penelitian fokus pada kesiapsiagaan peserta didik SMP.

a. Pengetahuan dan sikap terhadap resiko bencana

Pengetahuan mengenai potensi dan resiko bencana yang terjadi di sekitar merupakan faktor utama yang mendasari sikap kesiapsiagaan. Pengetahuan yang dimiliki suatu kelompok masyarakat akan membentuk sikap kesadaran dan kepedulian untuk untuk meminimalkan resiko bencana yang mungkin terjadi di wilayahnya.

Suatu kelompok masyarakat yang telah memiliki pengetahuan terhadap potensi dan resiko bencana diindikasikan dengan telah adanya pemahaman mengenai potensi bencana yang mungkin terjadi di daerahnya, penyebab bencana, dampak yang ditimbulkan, kerentanan fisik lingkungan sekitar dan mengetahui upaya pengurangan resiko bencana baik sebelum, ketika maupun setelah terjadi bencana. Deny Hidayati, *et al.* (2006: 28), menyatakan bahwa bentuk operasional dalam parameter sikap lebih ditekankan pada sikap dalam menghadapi resiko bencana, seperti memiliki motivasi untuk mengantisipasi terjadinya bencana alam, saling memotivasi antar individu dalam satu komunitas atau kelompok agar motivasi selalu terjaga.

b. Sistem peringatan dini

Menurut UU Nomor 24 Tahun 2007 (Bab I Ketentuan Umum Angka 8), peringatan dini adalah serangkaian kegiatan pemberian peringatan sesegera mungkin kepada masyarakat tentang kemungkinan terjadinya bencana pada suatu tempat oleh lembaga yang berwenang. BMKG memiliki prosedur standar dalam menyampaikan peringatan dini bencana gempa bumi dan tsunami ke berbagai institusi yang dibagi menjadi 4 tahap yang terdapat dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Tahapan Peringatan Dini BMKG

Peringatan Dini 1	Memuat informasi parameter gempa, waktu terjadi, posisi episenter (lintang, bujur), kedalaman, kekuatan, skala intensitas di beberapa lokasi, dan potensi tidak terjadi/terjadi tsunami, serta tingkat ancaman tsunami.
Peringatan Dini 2	Memuat informasi perkiraan ketinggian landaan tsunami serta prakiraan waktu dan kawasan yang akan terlanda tsunami.
Peringatan Dini 3	Memuat informasi kondisi kejadian tsunami pada daerah-daerah lain yang terlanda tsunami.
Peringatan Dini 4	Memuat informasi bahwa tsunami sudah berakhir.

(Sumber : BPBD Banyuwangi, tanpa tahun: xvii)

c. Rencana tanggap darurat

Kelompok masyarakat maupun komunitas perlu membuat perencanaan mengenai tindakan yang akan dilakukan seperti pertolongan pertama, evakuasi maupun penyelamatan agar korban bencana dapat diminimalisir. Setiap komponen kelompok masyarakat maupun komunitas harus memiliki peran dan tanggung jawab yang

jelas, sehingga dapat langsung bertindak ketika terjadi bencana. Tidak hanya orang dewasa, komunitas sekolah juga dapat melibatkan anak-anak dalam perencanaan tanggap darurat bencana. Hal tersebut berdasar pernyataan BNPB (2012: 18), bahwa anak-anak diharapkan mampu menjadi mitra dalam penerapan sekolah/madrasah yang aman dari bencana.

d. Kemampuan untuk memobilisasi sumber daya

Mobilisasi sumber daya adalah hal penting yang harus dilakukan ketika terjadi bencana. Sumber daya yang dimaksud dalam hal ini adalah sumber daya manusia (SDM), pendanaan, sarana dan prasarana. Sebelum terjadi bencana, perlu adanya peningkatan sumber daya manusia, termasuk di dalamnya peningkatan sumber daya peserta didik.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan membentuk regu penolong, tim keamanan maupun tim evakuasi yang ditugaskan ketika terjadi bencana. Peserta didik yang tergabung dalam tim khusus di sekolah berperan untuk membantu warga sekolah, misalnya untuk memberikan pertolongan pertama maupun memandu warga sekolah menuju ke lokasi aman. Selain peserta didik, guru juga memiliki peran yang penting ketika terjadi bencana. Guru harus mendampingi peserta didik dalam keadaan darurat, seperti memberikan instruksi untuk keluar kelas, kembali ke kelas maupun untuk pulang ke rumah masing-masing.

Kesiapsiagaan bencana dapat diukur secara kuantitatif sebagai sarana evaluasi sejauh mana suatu komunitas telah memiliki sikap kesiapsiagaan bencana. Menurut Deny Hidayati, *et al.* (2011 : 24), tingkat kesiapsiagaan bencana dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu tinggi, sedang dan rendah. Kategori tingkat kesiapsiagaan bencana dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Tingkat Kesiapsiagaan Bencana

No	Tingkat Kesiapsiagaan Bencana	Nilai
1.	Tinggi	80 – 100
2.	Sedang	60 – 79
3.	Rendah	< 60

(Sumber : Deny Hidayati, *et al.* 2011: 24)

Kesiapsiagaan bencana gempa bumi dapat diwujudkan dengan melakukan upaya pengurangan resiko bencana gempa bumi. Upaya pengurangan resiko bencana gempa bumi terbagi ke dalam tiga tahapan yaitu upaya sebelum terjadi gempa bumi, upaya ketika terjadi gempa bumi dan upaya setelah terjadi gempa bumi. Menurut BPBD Kabupaten Kulon Progo (2015), upaya yang harus dilakukan sebelum terjadi gempa bumi adalah (a) mempersiapkan rencana penyelamatan bila gempa bumi tiba-tiba terjadi; (b) membuat latihan sederhana untuk menghadapi runtuhan benda selama gempa : merunduk, melindungi kepala dan bersembunyi di bawah meja; (c) mempersiapkan alat pemadam kebakaran, alat keselamatan standar dan persediaan obat-obatan; (d) membangun rekonstruksi rumah tahan gempa dengan pondasi yang kuat. Renovasi bagian rumah dan bangunan yang terlihat retak; (e) memperhatikan zonasi daerah rawan gempa bumi dan pengaturan penggunaan lahan yang dikeluarkan pemerintah; (f) membentuk kelompok aksi penyelamatan

bencana dengan melakukan pelatihan dan pertolongan pertama di komunitas.

BPBD Kulon Progo (2015), menjelaskan hal-hal yang harus dilakukan ketika terjadi gempa bumi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Upaya Pengurangan Resiko Bencana Ketika Terjadi Gempa Bumi**

Lokasi	Hal yang harus dilakukan
Di dalam ruangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Matikan listrik dan gas apabila dalam keadaan menyala.</li> <li>b. Segera berlindung di bawah meja dan lindungi kepala dengan tangan. Jika tidak ada meja, merunduklah di tengah ruangan untuk menghindari jatuhnya benda.</li> <li>c. Berpegangan di dalam ruangan hingga gempa berhenti.</li> <li>d. Tidak menggunakan lift.</li> <li>e. Keluar ruangan ketika getaran berakhir dengan hati-hati.</li> </ul>
Di luar ruangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Berhenti bergerak dan duduk berlindung hingga gempa berhenti.</li> <li>b. Hindari tiang listrik, papan reklame, atau benda-benda lain yang mungkin tumbang. Jauhi pula dinding yang rentan roboh.</li> <li>c. Jangan berlari-lari ketika gempa.</li> </ul>
Di dalam kendaraan	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Pinggirkan dan hentikan kendaraan.</li> <li>b. Apabila kendaraan berada di lokasi aman : tunggu di dalam kendaraan hingga gempa berhenti.</li> <li>c. Kembali berkendara dengan waspada, hindari jembatan, jalanan yang retak dan wilayah landai rawan longsor yang mungkin rusak karena gempa.</li> </ul>
Terjebak dalam reruntuhan	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Jangan menyalakan korek untuk menghindari kemungkinan kebocoran gas.</li> <li>b. Jangan bergerak gegabah dan jangan menendang debu.</li> <li>c. Tutup mulut dengan pakaian atau tangan. Hindari menghirup debu.</li> <li>d. Gunakan peluit atau ketuk-ketuk reruntuhan untuk membuat sinyal kepada petugas dan sukarelawan.</li> </ul>
Berada di gunung atau pantai	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Berhati-hati terhadap kemungkinan longsor di kawasan pegunungan dan kemungkinan tsunami di pesisir pantai.</li> <li>b. Mengungsi ke tempat yang lebih aman setelah gempa berhenti.</li> </ul>

(Sumber: BPBD Kulon Progo, 2015)

Upaya pengurangan resiko bencana juga dapat dilakukan setelah terjadi gempa bumi. Menurut BPBD Kulon Progo (2015), hal yang harus dilakukan setelah terjadi gempa bumi adalah (a) ketika gempa berhenti, memastikan keadaan aman sebelum keluar dari bangunan; (b) waspada terhadap gempa susulan yang mungkin terjadi; (c) memperhatikan kondisi reruntuhan di sekitar dan memberikan pertolongan apabila terlihat ada

orang yang terjebak dalam reruntuhan bangunan; (c) waspada terhadap kebocoran gas atau percikan api yang bisa menyebabkan bencana lanjutan kebakaran; (d) apabila akan kembali ke rumah, perhatikan dengan sungguh-sungguh kerusakan bangunan rumah akibat gempa, juga kerusakan aliran listrik, pipa air dan gas; serta (e) terus mengikuti perkembangan informasi mengenai keadaan pasca gempa bumi dari media dan petugas di sekitar.

#### **4. Pemahaman Konsep**

Pemahaman dalam taksonomi Bloom revisi menurut Anderson dan Krathwohl dalam Aksela (2005) dalam Dadan Rosana (2014:199) adalah “*understanding is the ability to make your own meaning from educational material such as reading and teacher explanations*”. Menurut Purwanto (2013: 51), “pemahaman (*comprehension*) adalah kemampuan untuk melihat hubungan fakta dengan fakta”. Pemahaman (*comprehension*) kemudian berubah istilah menjadi “*understanding*”, hal tersebut karena adanya pemisahan pengetahuan dari dimensi proses kognitif dalam taksonomi Bloom revisi. Lebih lanjut, Dadan Rosana (2014: 202) menjelaskan bahwa “pemahaman konsep merupakan kemampuan mengkonstruksi makna atau pengertian suatu konsep berdasarkan pengetahuan awal yang dimiliki, atau mengintegrasikan pengetahuan yang baru ke dalam skema yang telah ada dalam pemikiran siswa”. Bloom (1956) dalam Dadan Rosana (2014: 202) membedakan kemampuan pemahaman menjadi tiga kategori sebagai berikut.

- a. Translasi (kemampuan menerjemahkan): merupakan kemampuan untuk menyatakan ulang suatu ide dengan cara lain daripada pernyataan asli yang telah diketahui sebelumnya.
- b. Interpretasi (kemampuan menafsirkan): merupakan kemampuan untuk memahami bahan yang diubah atau disusun ke dalam bentuk lain seperti grafik, tabel, diagram dan sebagainya.
- c. Ekstrapolasi (kemampuan meramalkan): merupakan kemampuan untuk meramalkan kecenderungan menurut data tertentu, dengan mengemukakan akibat, konsekuensi, implikasi dan sebagainya.

Firman (2000) dalam Dadan Rosana (2014: 201) menyatakan bahwa siswa telah memahami suatu konsep jika mampu menangkap arti dari informasi yang diterima, antara lain: (a) menafsirkan bagan, diagram atau grafik; (b) menerjemahkan suatu pernyataan; (c) memprediksikan berdasar kecenderungan tertentu; dan (d) mengungkapkan suatu konsep dengan kata-katanya sendiri. Lebih lanjut, Anderson dan Krathwohl (2010: 44), menyatakan bahwa peserta didik dapat memahami jika mampu untuk mengonstruksi makna dari pembelajaran, baik secara lisan, tulisan ataupun grafis. Anderson dan Krathwohl (2010) juga menyatakan bahwa kemampuan dalam memahami suatu konsep terdiri atas kemampuan menafsirkan, mencontohkan, mengklasifikasikan, merangkum, menyimpulkan, membandingkan dan menjelaskan.

- a. Menafsirkan, yaitu ketika peserta didik mampu mengubah suatu informasi ke bentuk lain, baik berupa gambar, grafik, diagram maupun pernyataan dengan kata-katanya sendiri.
- b. Mencontohkan, yaitu ketika peserta didik memberikan hal yang berupa contoh dan non contoh dari objek pembelajaran.
- c. Mengklasifikasikan, yaitu ketika peserta didik dapat mengetahui bahwa suatu hal yang dipelajari masuk ke dalam kategori tertentu.
- d. Merangkum, yaitu ketika peserta didik membuat suatu kalimat/pernyataan yang representatif dari informasi yang telah diperoleh.
- e. Menyimpulkan, yaitu ketika peserta didik dapat menarik hubungan dari beberapa fakta, konsep atau contoh, kemudian mengemukakan dengan kalimatnya sendiri.
- f. Membandingkan, yaitu ketika peserta didik mengetahui persamaan dan perbedaan antara dua atau lebih objek, peristiwa, ide, masalah maupun situasi.
- g. Menjelaskan, yaitu ketika peserta didik mengonstruksi suatu pernyataan berdasar hubungan sebab akibat dalam sebuah sistem.

Lebih lanjut, Angga Murizal (2012: 19), menyatakan bahwa untuk memahami suatu objek secara mendalam, seseorang harus mengetahui: (1) objek itu sendiri; (2) relasinya dengan objek lain yang sejenis; (3) relasinya dengan objek lain yang tidak sejenis; (4) relasi-dual dengan

objek lain yang tidak sejenis; dan (5) relasi dengan objek dalam teori lainnya.

Menurut Anderson & Krathwohl (2010: 40), pemahaman konsep termasuk dalam dimensi proses kognitif tingkat kedua (C2) dan memiliki empat dimensi pengetahuan, yaitu pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif. Kata kerja operasional yang terdapat pada tingkatan C2 menurut Taksonomi Bloom revisi di antaranya adalah menjelaskan, mengartikan, menginterpretasikan, menceritakan, menampilkan, memberi contoh, merangkum, menyimpulkan, membandingkan, mengklasifikasikan, menunjukkan, menguraikan, membedakan dan mengidentifikasi.

Berdasar uraian di atas, dapat diketahui bahwa pemahaman merupakan kemampuan untuk membangun pengertian dari suatu konsep dengan cara yang baru dibanding pengetahuan yang telah dimengerti sebelumnya. Menurut Schunk (2012: 414), konsep dalam pembelajaran mencakup pengenalan sifat dari objek yang dipelajari kemudian peserta didik memperluas pemahamannya dengan memberikan contoh-contoh baru dan memisahkan dari hal yang bukan contoh. Pemahaman konsep selalu berawal dari pengetahuan konseptual. Peserta didik dikatakan telah memahami suatu konsep ketika peserta didik mampu membangun ulang suatu informasi yang telah diperoleh dengan memperhatikan hubungan sebab akibat suatu sistem secara tepat, menyatakan ulang informasi dengan bahasanya sendiri dan mengubah informasi tersebut ke bentuk lain

berupa grafik, gambar, diagram maupun pernyataan yang berupa ringkasan. Pemahaman konsep yang diukur dalam penelitian ini terdiri atas kemampuan menginterpretasi, memberikan contoh, menduga, membandingkan dan menjelaskan.

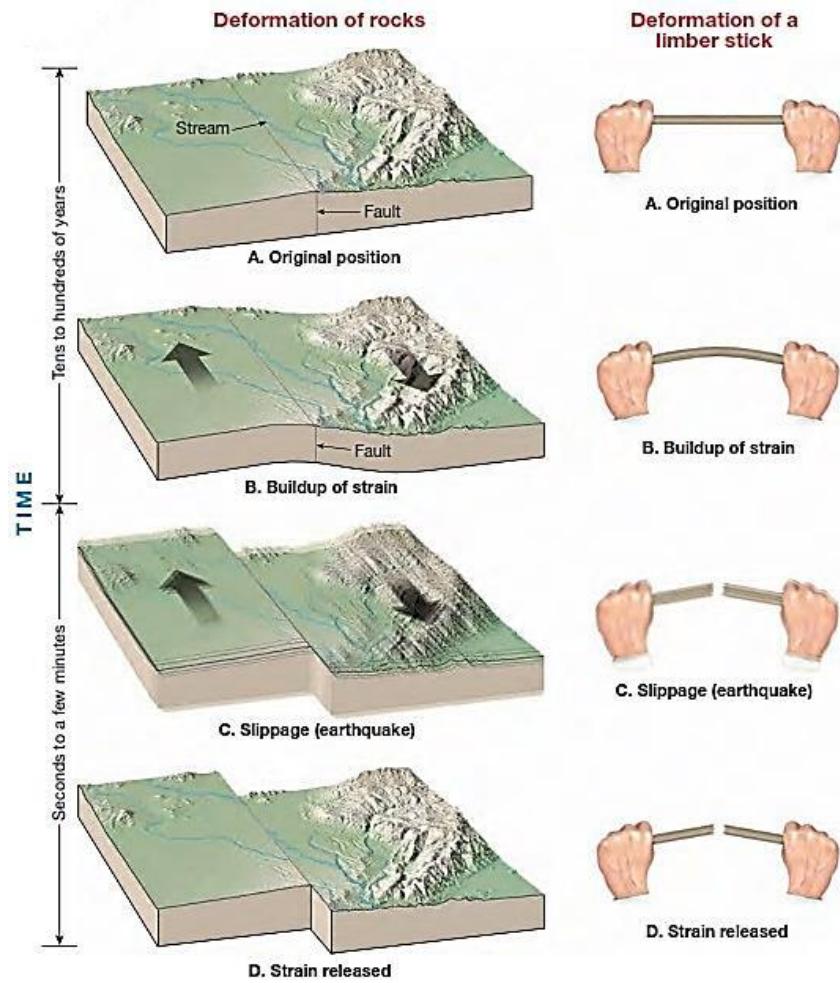
## 5. Kajian Keilmuan

### a. Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Lutgens dan Tarbuck (2012: 336), menyatakan bahwa “*earthquakes are natural geologic phenomena caused by the sudden and rapid movement of a large volume of rock*”. Borrero *et al* (2008: 528), juga menyatakan bahwa “*most earthquakes are the result of movement of Earth’s crust produced by plate tectonics*”. Lebih lanjut, Mussett & Khan (2000: 42), menyatakan bahwa “*earthquake is used for two different things: (1) the shaking of ground – sometimes destructive – and (2) the cause of that shaking, usually a sudden displacement, or rupture, of a fault*”. Berdasar pendapat para ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa gempa bumi adalah bencana alam berupa guncangan pada tanah yang disebabkan oleh pergerakan lempeng bumi, aktivitas gunung api maupun runtuhan bangunan. Penelitian ini memfokuskan pembahasan gempa bumi yang disebabkan oleh pergerakan lempeng bumi.

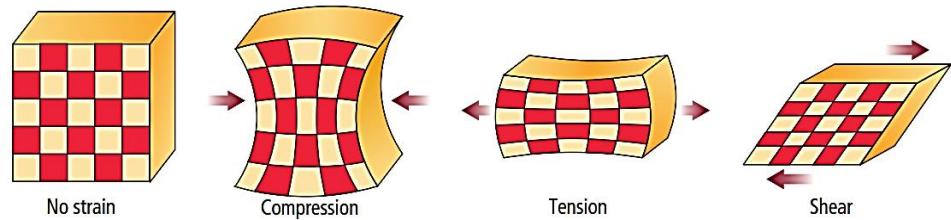
Kusky (2008: 67), menyatakan bahwa “*an earthquake occurs when a sudden release of energy causes the ground to shake and*

*vibrate, associated with passage of waves of energy released as its source*”. Energi yang menyebabkan getaran ketika gempa bumi diakibatkan oleh adanya gesekan yang terjadi sepanjang patahan pada kerak bumi atau pertemuan lempeng, oleh karena itu daerah di sekitar patahan maupun pertemuan lempeng merupakan daerah yang rawan terjadi gempa bumi. Mekanisme terjadinya gempa bumi dapat dijelaskan dengan teori *elastic rebound*. Gempa bumi diawali oleh adanya *stress* atau tekanan yang telah berlangsung selama puluhan hingga ratusan tahun pada kedua sisi lempeng bumi. Tekanan pada lempeng bumi tersebut mengakibatkan lempeng bumi membengkok dan menghasilkan energi seperti ketika kita membengkokkan batang kayu. Gaya gesek yang ada di antara lempeng bumi berusaha menahan tekanan yang diberikan hingga batas maksimalnya. Ketika lempeng bumi sudah tidak bisa menahan akumulasi tekanan yang melampaui batas, lempeng akan pecah menjadi dua bagian dan melepaskan energi dalam bentuk gelombang seismik. Gambaran mekanisme terjadinya gempa bumi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme Terjadinya Gempa Bumi  
(Sumber: Lutgens dan Tarbuck, 2012: 338)

Borrero *et al* (2008: 528), menyatakan bahwa “*there are three kinds of stress that act on Earth’s rocks: compression, tension and shear*”. *Compression* atau pemampatan adalah tekanan yang menyebabkan berkurangnya volume suatu materi. *Tension* atau tarikan adalah tekanan yang menarik suatu materi hingga terpisah. *Shear* adalah tekanan yang menyebabkan materi saling bergeser.



Gambar 3. Jenis-Jenis Stress Pada Lempeng Bumi  
(Sumber: Borrero *et al.*, 2008:528)

Akibat dari pergerakan lempeng bumi adalah terjadinya patahan atau *faults*. Menurut Borrero *et al* (2008: 530), “*fault is any fracture or system of fractures along with Earth moves*”. Lutgens dan Tarbuck (2012: 336), juga menjelaskan “*the violent shaking and destruction caused by earthquakes are the result of rupture and slippage along fractures in Earth's crust*”. Berdasar dua penjelasan tersebut, diketahui bahwa proses terjadinya patahan yang dipicu oleh pergerakan lempeng dapat menyebabkan adanya gempa bumi. Patahan dapat digolongkan ke dalam tiga jenis berdasar gaya tarikan yang membentuknya, seperti terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Jenis-jenis patahan

Tipe Patahan	Jenis Pergerakan	Ilustrasi
<i>Reverse</i> (naik)	<i>Compression</i> (pemampatan) yang menyebabkan pergerakan secara vertikal maupun horizontal	
<i>Normal</i> (turun)	<i>Tension</i> (tarikan) yang menyebabkan pergerakan secara vertikal maupun horizontal	

Tipe Patahan	Jenis Pergerakan	Ilustrasi
<i>Strike-slip</i> (geser)	<i>Shear</i> yang menyebabkan pergerakan secara horizontal	

(Sumber: Modifikasi Borrero *et al.*, 2008:531)

## b. Gelombang Seismik

Gelombang seismik didefinisikan sebagai getaran pada tanah ketika terjadi gempa bumi. Menurut Lutgens dan Tarbuck (2012: 341), gelombang seismik digolongkan ke dalam dua kelompok, yakni gelombang badan dan gelombang permukaan. Gelombang badan adalah gelombang yang menjalar melewati interior bumi, dimana gelombang badan dibedakan menjadi gelombang primer dan gelombang sekunder. Gelombang yang menjalar pada permukaan bumi disebut sebagai gelombang permukaan.

### 1) Gelombang Badan

#### a) Gelombang Primer

Gelombang primer mendeformasi material dengan mengubah massa jenis dan volume material tersebut. Pergerakan dari gelombang primer sama dengan pergerakan yang terjadi pada gelombang bunyi, sehingga gelombang primer merupakan gelombang longitudinal. Lutgens dan Tarbuck (2012: 341) menyatakan bahwa “*Solids, liquids and gases resist a change in volume when compresses and will elastically spring back once the force is removed. Therefore, P*

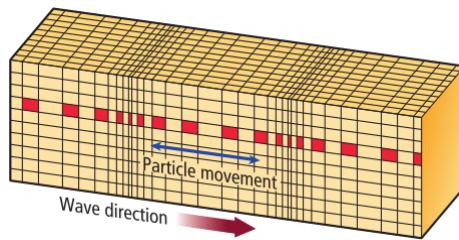
*waves can travel through all three of these materials*”. Lebih lanjut Kusky (2008: 76) menyatakan bahwa “*P waves move with high velocity, about 3.5-4 miles per second (6 km/sec), and are thus the first to be recorded by seismographs*”. Berdasar uraian tersebut, dapat diketahui bahwa gelombang primer merupakan gelombang longitudinal yang dapat merambat melalui medium padat, gas maupun cair dan memiliki kecepatan merambat yang paling tinggi di antara gelombang seismik lain sehingga gelombang primer adalah gelombang seismik yang pertama kali tercatat oleh seismograf.

b) Gelombang Sekunder

Gelombang sekunder juga dikenal dengan *shear waves* adalah gelombang seismik yang mendeformasi material dengan mengubah bentuknya. Gelombang sekunder hanya dapat melewati medium padat, sehingga tidak dapat melewati inti luar bumi yang bersifat cair. Allaby (2009: 56), menyatakan bahwa “*As S-waves pass through the outer core, they change into P-waves then change back into S-waves as they cross back over the boundary between the outer core and the mantle*”.

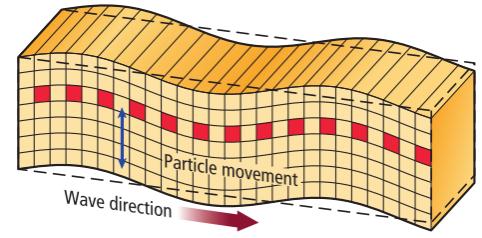
Lebih lanjut, Kusky (2008: 78), menyatakan bahwa “*a typical shear wave velocity is two miles per second (3.5km/s)*”.

Gelombang sekunder memiliki arah getaran tegak lurus dengan arah rambatnya sehingga merupakan gelombang transversal.



Gambar 4. Pergerakan Gelombang Primer

(Sumber : Borrero *et al.*, 2008:532)



Gambar 5. Pergerakan Gelombang Sekunder

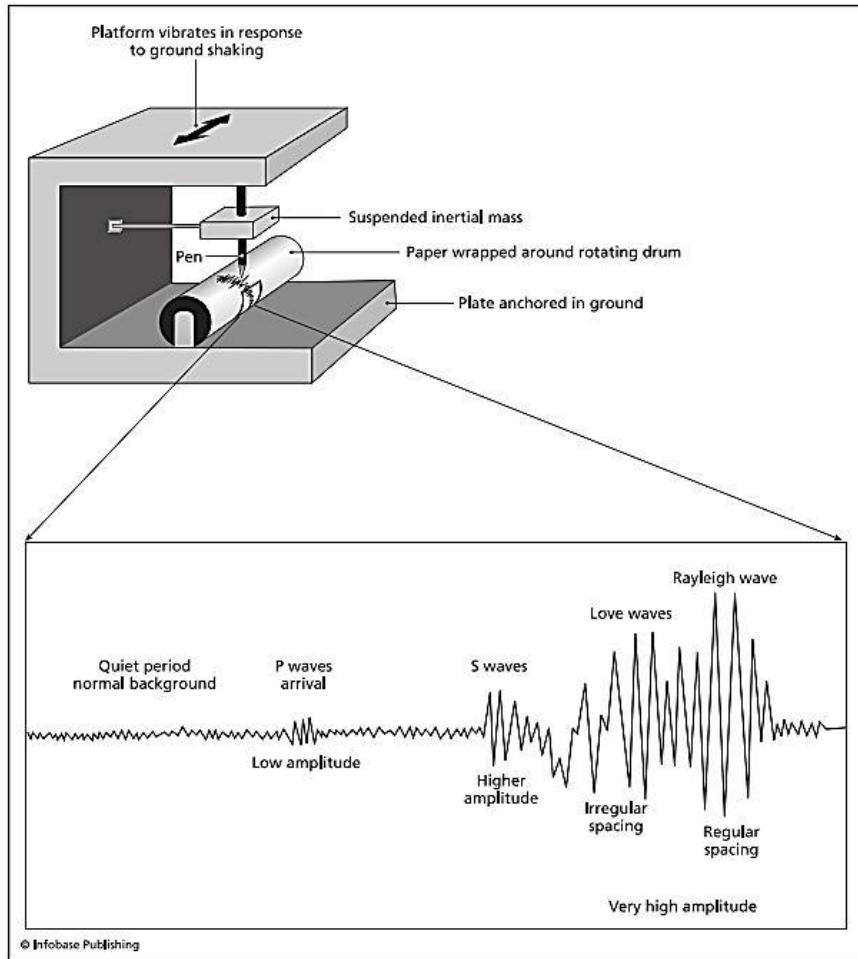
(Sumber : Borrero *et al.*, 2008:532)

## 2) Gelombang Permukaan

Gelombang permukaan adalah gelombang yang merambat di dekat permukaan bumi. Allaby (2009: 56), menyatakan bahwa gelombang Rayleigh dan gelombang Love adalah jenis dari gelombang permukaan yang masing-masing diperkenalkan oleh Lord Rayleigh (1842-1919) dan Augustus Edward Hough Love (1863-1940). Menurut Borrero *et al* (2008: 532), “*These waves usually cause the most destruction because they cause the most movement of the ground, and take the longest time to pass*”. Lebih lanjut, Allaby (2009: 56) menyatakan bahwa “*Love waves make the ground surface move horizontally; Rayleigh waves make it move vertically, like surface waves on a pond*”. “*Surface waves also retain their maximum amplitude longer than P and S waves*” (Lutgens dan Tarbuck, 2012: 342). Kusky (2008: 78), juga menyatakan bahwa “*Surface waves travel slower than either type of body waves, but because of their complicated types of motion they often cause the most damage*”. Berdasar uraian mengenai

gelombang permukaan di atas, dapat diketahui bahwa gelombang permukaan memiliki amplitudo yang lebih tinggi dibanding gelombang badan. Akibatnya, gelombang permukaan yang menjalar di permukaan bumi memiliki kekuatan merusak yang besar. Kekuatan merusak yang besar pada gelombang permukaan, juga diakibatkan oleh pergerakan gelombang Rayleigh secara *groundroll* dan pergerakan gelombang Love secara horisontal, kedua gelombang tersebut merambat dalam waktu yang lama sehingga sangat berpotensi menggerakkan tanah dan menimbulkan kerusakan.

Gelombang seismik dapat dideteksi dengan seismograf. Seismograf mulai bekerja ketika terjadi getaran gempa bumi. Inersia pada seismograf memicu seismograf untuk tetap diam meskipun keadaan bumi mendukung seismograf untuk bergerak, sesuai dengan pernyataan Kusky (2008: 80), bahwa “*when a heavy weight is hung from a string or thin spring, the string can be shaken and the big heavy weight will remain stationary*”. Prinsip kerja dari seismograf adalah ketika tanah mulai bergoyang, jarum pada seismograf juga akan ikut bergoyang dan membentuk garis zigzag pada gulungan kertas yang terdapat pada seismograf. Hasil rekaman seismograf yang disebut dengan seismogram akan merekam dengan jelas kedatangan gelombang primer dan gelombang sekunder yang kemudian diikuti oleh gelombang permukaan.

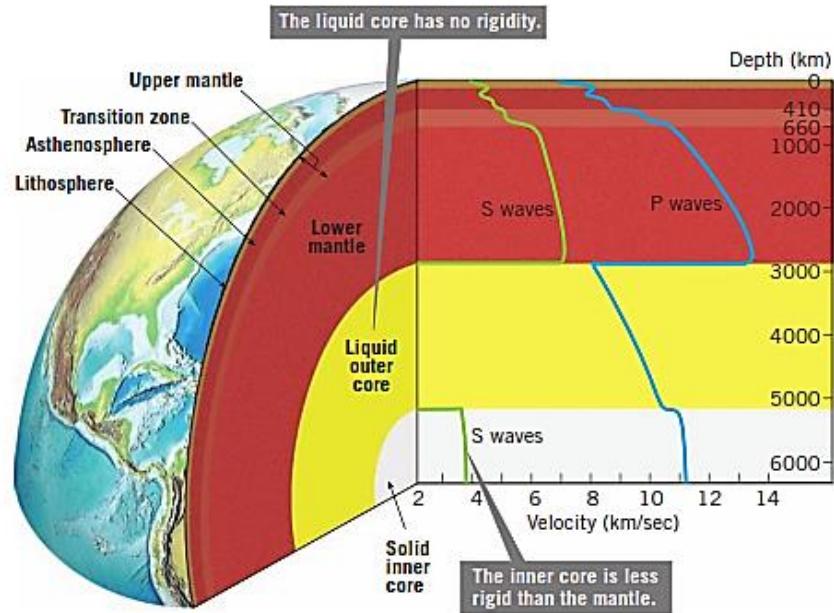


Gambar 6. Seismograf dan Seismogram  
 (Sumber: Kusky, 2008: 79)

c. Gelombang Seismik untuk Menjelaskan Struktur Interior Bumi

Gelombang seismik yang tererekam oleh seismograf dapat digunakan untuk mendeteksi struktur interior bumi. Gelombang seismik yang menjalar di dalam bumi dapat dipantulkan dan dibiasakan. Gelombang seismik juga mengubah jalur rambatan ketika memasuki batas daerah yang penyusun materialnya berbeda. Tidak hanya jalur rambatan, tetapi gelombang seismik juga mengubah kecepatannya, sehingga dengan membandingkan kecepatan rambat gelombang seismik pada tipe batuan yang berbeda dapat ditentukan ketebalan dan

komposisi planet Bumi pada setiap bagian/daerah. Gelombang primer yang merambat pada inti luar dibiaskan, lalu membentuk zona bayangan gelombang primer pada permukaan bumi, sehingga seismograf tidak dapat mendeteksi gelombang primer pada permukaan bumi yang memperoleh zona bayangan gelombang primer. Gelombang primer yang lain dipantulkan dan dibiaskan oleh inti dalam bumi, sehingga dapat terdeteksi oleh seismograf. Lutgens dan Tarbuck (2012: 356), menyatakan bahwa *“the velocity of seismic waves generally increases with depth. In addition, seismic wave travel faster when rock is stiffer or less compressible”*. Berdasar penjelasan di atas, dapat diketahui bahwa karakteristik gelombang seismik dapat digunakan untuk menginterpretasikan komposisi dan struktur interior bumi. Sebagai contoh ketika batuan memiliki temperatur yang tinggi, maka kekakuan batuan tersebut berkurang yang menyebabkan gelombang merambat lebih lambat. Hasil interpretasi struktur interior bumi dengan gelombang seismik adalah diketahui bahwa mantel bumi bagian atas bersifat plastis, inti luar bumi yang tersusun atas dari besi dan nikel cair sedangkan inti dalam bumi tersusun atas besi dan nikel padat.



Gambar 7. Perambatan gelombang seismik  
(Sumber: Tarbuck dkk, 2014: 402)

### 1) Kerak Bumi

Kerak bumi adalah bagian paling atas bumi yang relatif tipis, terdiri dari kerak benua dan kerak samudera.

Lutgens dan Tarbuck (2012: 23), menyatakan bahwa “*The oceanic crust is roughly 7 kilometers (5 miles) thick and composed of the dark igneous rock basalt. By contrast, the continental crust averages about 35 kilometers (22 miles) thick but may exceed 70 kilometers (40 miles) in some mountainous regions such as Rockies and Himalayas*”.

Tarbuck dkk (2014: 402), menyatakan bahwa “*Continental crust and oceanic crust have very different compositions, histories and ages. In fact, oceanic crust is compositionally more similar to the mantle than to the continental crust*”. Berdasar dua pendapat tersebut dapat diketahui bahwa kerak bumi dapat dibedakan menjadi kerak benua dan kerak samudera. Kerak benua terdiri dari

batuan yang cukup bervariasi, sedangkan kerak samudera terdiri dari batuan basal yang homogen.

Kecepatan gelombang seismik yang melewati kerak benua bervariasi, hal tersebut menunjukkan bahwa penyusun pada kerak benua juga bervariasi. Menurut Tarbuck dkk (2014: 402), kerak benua memiliki massa jenis  $2,7 \text{ g/cm}^3$  dimana massa jenis tersebut jauh lebih rendah dibanding massa jenis kerak samudera. Massa jenis yang lebih rendah tersebut dapat digunakan untuk menjelaskan mengapa kerak benua yang relatif ringan tidak tenggelam ke dalam mantel bumi.

Bagian yang berada di bawah kerak bumi adalah mantel bumi. Di antara kerak bumi dan mantel bumi terdapat batas yang memisahkan kedua lapisan tersebut, disebut *Moho*. *Moho* ditemukan oleh Andrija Mohorovicic pada tahun 1909. Kedalaman *Moho* dapat ditentukan dengan melihat gelombang seismik yang dipantulkan maupun dibiaskan. Ketika terjadi gempa bumi, gelombang seismik yang tidak dipantulkan maupun tidak dibiaskan tercatat oleh seismograf secara langsung. Seismograf juga merekam gelombang seismik lain yang dibiaskan ketika memasuki mantel bumi. Titik ketika kedua gelombang seismik datang dalam waktu bersamaan dapat digunakan untuk menentukan kedalaman dari *Moho*. Tidak hanya kedalaman *Moho*, tetapi data dari dua gelombang seismik dan dua seismograf yang berada pada jarak

yang berbeda dari episenter gempa bumi juga dapat digunakan untuk menentukan ketebalan kerak bumi.

## 2) Mantel Bumi

Mantel bumi memiliki ketebalan 2900 km dari Moho ke bagian inti luar bumi yang bersifat cair. Mantel adalah lapisan padat yang terdiri dari mineral silikat yang kaya akan besi dan magnesium. Sifat mantel bumi yang padat dapat diketahui karena gelombang sekunder gempa bumi dapat melewati mantel bumi dengan mudah. Mantel bumi dapat dibedakan menjadi dua bagian, yakni mantel bumi bagian atas dan mantel bumi bagian bawah. Tarbuck dkk (2014: 403), menyatakan bahwa *“Earth’s upper mantle extends from the Moho to a depth of about 660 kilometers and can be divided into three shells : (a) lithospheric mantle; (b) asthenosphere; (c) transition zone”*. Pendapat Tarbuck dkk tersebut sejalan dengan pendapat Lutgens dan Tarbuck (2012: 24), yang menyatakan bahwa *“The upper mantle can be divided into two different parts. The top portion of the upper mantle is part of the stiff lithosphere and beneath that is the weaker asthenosphere”*. Berdasar pendapat tersebut, dapat diketahui bahwa bagian atas mantel bumi terdiri dari beberapa bagian, yaitu litosfer, astenosfer dan zona transisi. Litosfer merupakan bagian kaku yang rata-rata memiliki ketebalan hingga 100 km. Litosfer terdiri dari kerak bumi dan bagian atas mantel bumi yang memiliki suhu relatif dingin.

Lapisan yang berada di bawah litosfer adalah lapisan astenosfer.

Lapisan astenosfer bersifat plastis sehingga memungkinkan lapisan di atasnya untuk bergerak. Lapisan selanjutnya adalah zona transisi yang merupakan lapisan pada mantel bagian atas dengan kedalaman antara 410 hingga 660 km. Lapisan bagian bawah mantel berjarak 660 km dari bagian atas inti bumi.

### 3) Inti Bumi

Bagian yang berada di bawah mantel bumi adalah inti bumi.

Tarbuck dkk (2014: 403) menyatakan bahwa, “*The boundary between Earth’s mantle and outer core, called core-mantle boundary, is significant because of its varied material properties*”.

Material yang beragam pada batas mantel dan inti luar bumi ditunjukkan dengan kecepatan gelombang primer yang sangat menurun ketika gelombang tersebut melewati batas mantel dengan inti luar bumi, dan gelombang sekunder yang tidak melintasi inti luar bumi yang mengindikasikan bahwa inti luar bumi bersifat cair.

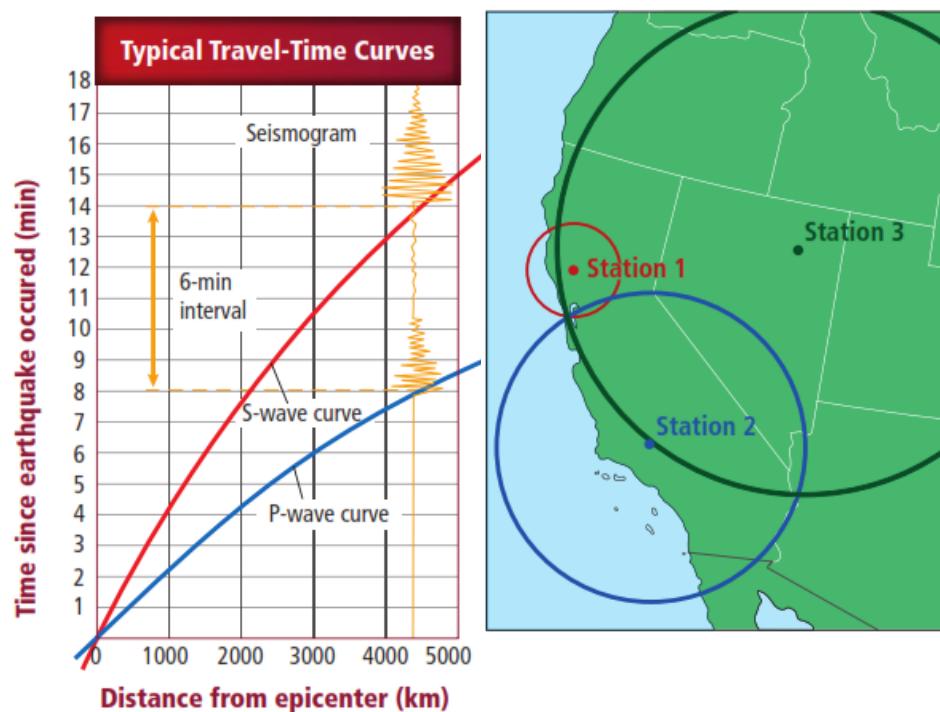
“*The composition of the core is thought to be an iron nickel alloy with iron amounts of oxygen, silicon and sulfur – elements that readily form compounds with iron*” (Lutgens dan Tarbuck, 2012: 24). Lebih lanjut, Tarbuck dkk (2014: 405), menyatakan bahwa “*The core accounts for about one-sixth of Earth’s volume but one-third of its mass because it is composed mostly of iron, which is the most dense of the common elements*”. Tarbuck dkk

(2014: 410), juga menyatakan bahwa “*The outer core is molten because the temperature is higher than the melting point of iron. The inner core is solid because the temperature is lower than the melting point of iron*”. Berdasar dua pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa inti bumi tersusun atas besi, nikel dan beberapa elemen lain dengan besi sebagai penyusun utamanya. Inti bumi dibedakan menjadi dua bagian, yaitu inti bumi luar dan inti bumi dalam. Inti bumi bagian dalam merupakan suatu bola pejal yang memiliki temperatur dan tekanan sangat tinggi sehingga inti dalam bumi berwujud padat.

d. Penentuan Lokasi Sumber Gempa Bumi

Analisis gempa bumi dapat dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan episenter gempa bumi. Episenter adalah refleksi tegak lurus dari fokus gempa bumi yang berada di dalam bumi. Penentuan episenter gempa bumi dapat dilakukan dengan melihat interval antara kedatangan gelombang primer pertama dan gelombang sekunder pertama yang tercatat oleh seismograf. Grafik waktu perjalanan gelombang primer dan gelombang sekunder menunjukkan informasi interval gelombang primer dan sekunder (P-S) pada sumbu vertikal yang dapat digunakan untuk mengetahui informasi jarak menuju episenter gempa bumi pada sumbu horisontal. Setelah mengetahui jarak menuju episenter gempa, penentuan posisi episenter dapat dilakukan dengan metode triangulasi sesuai pendapat Lutgens dan

Tarbuck (2012: 343), yang menyatakan bahwa “*using a method called triangulation, the precise location can be determined using the distance from three or more seismic stations*”. Jari-jari lingkaran yang digambarkan guna memperoleh informasi mengenai arah episenter gempa bumi merupakan jarak stasiun seismik menuju episenter gempa bumi berdasar interval gelombang P-S. Titik perpotongan ketiga lingkaran dari tiga stasiun seismik yang berbeda adalah episenter gempa bumi.



Gambar 8. Grafik Gelombang P-S  
(Sumber: Borrero *et al.*, 2008: 542)

Gambar 9. Penentuan Episenter dengan Metode Triangulasi  
(Sumber: Borrero *et al.*, 2008: 542)

#### e. Menentukan Kekuatan Gempa Bumi

Menurut sejarah, gempa bumi telah terjadi bervariasi mulai dari yang tidak terasa hingga gempa bumi sangat besar yang menimbulkan

banyak korban jiwa hingga harta benda. Terdapat dua cara pengukuran yang berbeda untuk mengukur kekuatan gempa bumi, yaitu intensitas dan magnitudo. Menurut Lutgens dan Tarbuck (2012: 343), “*The first of these to be used was intensity, a measure of the degree of earthquake shaking at a given locale based on observed effects*”. Ryan (2006: 83) menyatakan bahwa, “*The magnitude of an earthquake is a measurement of the size or amount of energy that was released*”. Berdasar dua pendapat tersebut, jelas terdapat perbedaan penggunaan istilah antara intensitas dan magnitudo. Intensitas digunakan untuk mengetahui tingkat kerusakan pada suatu daerah berdasar pengamatan observer, sedangkan magnitudo digunakan untuk mengetahui besarnya energi yang dihasilkan oleh gempa bumi secara kuantitatif.

Pengukuran intensitas gempa bumi salah satunya dikembangkan oleh Giuseppe Mercalli tahun 1902 yang disebut skala *Modified Mercalli Intensity* (MMI). Skala MMI terbagi menjadi 12 tingkatan yang didasarkan pada pengamatan kerusakan seperti orang yang terbangun dari tidur, perpindahan furnitur, keretakan tanah hingga total kerusakan yang terjadi.

Tabel 7. Skala *Modified Mercalli Intensity*

Skala MMI	Deskripsi
I	Tidak terasa kecuali oleh beberapa orang dalam kondisi yang tidak biasa
II	Terasa hanya oleh beberapa orang, objek yang tergantung mungkin berayun
III	Cukup terasa di dalam ruangan, getaran dirasakan seperti truk yang sedang lewat
IV	Terasa di dalam ruangan oleh beberapa orang, terasa di luar ruangan oleh kebanyakan orang, peralatan makan dan jendela bergetar
V	Terasa oleh setiap orang yang berada dekat dengan sumber gempa bumi, peralatan makan dan jendela pecah, tembok retak

Skala MMI	Deskripsi
VI	Terasa oleh semua orang, furnitur berpindah, beberapa tembok runtuh dan cerobong asap membahayakan
VII	Semua orang berlari keluar ruangan, beberapa cerobong asap retak, kerusakan terjadi pada bangunan yang memiliki struktur baik tetapi lemah (tidak kokoh)
VIII	Cerobong asap dan dinding runtuh, furnitur yang berat jatuh, kerusakan sebagian bangunan terjadi
IX	Kerusakan hebat terjadi, bangunan bergeser dari pondasinya, tanah retak, pipa bawah tanah retak
X	Kebanyakan struktur rusak, rel kereta api bengkok, terjadi tanah longsor
XI	Beberapa struktur masih berdiri, jembatan rusak, lintasan rel kereta api sangat bengkok, tanah membentuk retakan yang luas
XII	Kerusakan total terjadi, benda terlempar ke udara

(Sumber: Modifikasi dari Borrero *et al.*, 2008: 540)

Kelemahan dari penggunaan skala MMI di antaranya adalah tidak dapat digunakan secara luas. Sebagai contoh, orang yang berada di dekat sumber gempa bumi bisa saja diukur dengan skala IX atau X, sedangkan orang yang jauh dari sumber gempa bumi diukur dengan skala I atau II saja. Oleh karena itu, diperlukan pengukuran kuantitatif yang tidak tergantung pada parameter yang berbeda-beda di setiap tempat yang terkena gempa bumi.

*The Richter scale, devised by a geologist named Charles Richter, is a numerical rating system that measures the energy of largest seismic waves, called the magnitude, that are produced during an earthquake. The numbers in Richter scale are determined by the height, called amplitude, of the largest seismic wave.* (Borrero, 2008: 539)

Lebih lanjut, Lutgens dan Tarbuck (2012: 345), “*The Richter scale is based on the amplitude of the largest seismic wave (P, S, or surface wave) recorded on a seismogram*”. Berdasar dua pendapat tersebut diketahui bahwa skala Richter dapat digunakan untuk mengukur magnitudo gempa bumi berdasar amplitudo tertinggi dari

gelombang seismik. Setiap angka dalam skala Richter menunjukkan peningkatan amplitudo sebesar 10 kali lipat. Sebagai contoh, gempa bumi yang memiliki magnitudo 8 Skala Richter (SR), berkekuatan sepuluh kali lipat lebih besar dibanding gempa bumi yang memiliki magnitudo 7 SR. Hal lain yang perlu diketahui adalah selisih jumlah energi yang dilepaskan antara magnitudo 8 SR dengan magnitudo 7 SR lebih besar dibanding selisih amplitudo gelombang seismik masing-masing gempa bumi, sehingga setiap kenaikan angka pada skala Richter merupakan 32 kali lipat peningkatan energi gempa bumi. Oleh karena itu, gempa bumi dengan magnitudo 8 SR melepaskan energi 32 kali lipat lebih besar dibanding energi yang dilepaskan oleh gempa bumi dengan magnitudo 7 SR.

#### f. Dampak Gempa Bumi

Gempa bumi yang terjadi tentu berdampak baik bagi masyarakat maupun lingkungan. Kusky (2008: 84) menggolongkan dampak gempa bumi menjadi dua golongan, yaitu dampak primer dan dampak sekunder/tersier. Hal-hal yang termasuk dampak primer gempa bumi adalah pergerakan tanah, retaknya tanah, pergerakan massa tanah dan *liquefaction*. Beberapa contoh dari dampak sekunder gempa bumi di antaranya adalah tsunami, kebakaran ataupun ledakan yang berasal dari benda mudah terbakar.

## 1) Pergerakan Tanah

Salah satu dampak primer terjadinya gempa bumi adalah pergerakan tanah. Pergerakan tanah disebabkan oleh gelombang seismik yang mencapai permukaan bumi. Pergerakan tanah biasanya terasa seperti adanya goyangan pada tanah disertai bunyi gemuruh yang biasanya berasal dari gempa bumi bermagnitudo kecil. Pergerakan tanah diukur sebagai percepatan yang dibandingkan dengan percepatan gravitasi bumi,  $9.8 \text{ m/s}^2$ . Kusky (2008: 87), menyatakan bahwa *“People have trouble standing up, and buildings begin falling down at 1/10 the acceleration of gravity”*, sehingga diketahui energi gempa bumi tidak hanya dapat menggerakkan tanah, tetapi juga merusak bangunan yang dilalui oleh gelombang seismik.

## 2) Retakan Tanah

Kusky (2008: 89), menyatakan bahwa *“Ground breaks or ruptures form where a fault cuts the surface and may also be associated with mass wasting, or the movements of large blocks of land downhill”*. Retakan tanah dapat terjadi karena gerakan horizontal, vertikal maupun kombinasi dari kedua gerakan tersebut. Retakan tanah seringkali terbentuk bersamaan dengan adanya pergerakan massa tanah (bergeraknya lapisan paling atas tanah menuju ke bawah).

### 3) Pergerakan Massa Tanah

Kusky (2008: 89), menyatakan bahwa “*Mass wasting is the movement of material downhill. In most instances, mass wasting occurs by a slow gradual creeping of soils and rocks downhill, but during earthquakes large volumes of rock, soil, and all that is built on it may suddenly collapse in a landslide*”. Tarbuck dkk (2014: 380), menjelaskan bahwa “*The greatest earthquake-related damage to structures is often caused by landslides and ground subsidence triggered by earthquake vibrations*”. Lebih lanjut, Borrero *et al* (2008: 547), menjelaskan bahwa “*In addition to determining landslide risks, the type of ground material can also affect the severity of an earthquake in an area. Seismic waves are amplified in some hard materials, such as granite*”. Berdasar uraian di atas, dapat diketahui bahwa pergerakan massa tanah adalah gerakan massa batuan menuju ke arah bawah. Hal tersebut dapat disebabkan oleh pergerakan tanah secara perlahan, pengaruh gaya berat maupun disebabkan karena tanah longsor. Terjadinya tanah longsor salah satunya dipengaruhi oleh tipe material tanah pada suatu daerah, karena kecepatan rambat gelombang seismik yang berbeda pada setiap tipe material tanah.

### 4) *Liquefaction*

*Liquefaction is a process where sudden shaking of certain types of water-saturated sands and muds turns these once-solid sediments into a slurry, a substance with a liquidlike consistency. Liquefaction occurs through a process where the*

*shaking causes individual grains to move apart, and then water moves up in between the individual grains making the whole water/sediment mixture like a fluid.* (Kusky, 2008: 90)

Lutgens dan Tarbuck (2012: 348), juga menyatakan bahwa

*“In areas where unconsolidated materials are saturated with water, earthquake vibrations can turn stable soil into a mobile fluid, a phenomenon known as liquefaction”.* Berdasar dua pendapat tersebut, dapat diketahui bahwa *liquefaction* adalah kondisi dimana goncangan yang diakibatkan oleh gempa bumi menyebabkan partikel-partikel tanah terpisah dan tercampur dengan air sehingga tanah menjadi seperti fluida yang dapat bergerak. *Liquefaction* menyebabkan tanah tidak stabil, tidak bisa menahan bangunan, hingga pipa bawah tanah yang muncul ke permukaan.

##### 5) Dampak Sekunder/Tersier Gempa Bumi

Selain keempat dampak utama di atas, dampak gempa bumi selanjutnya adalah tsunami. Borrero *et al* (2008: 548), menyatakan bahwa *“Another type of hazard is tsunami, a large ocean wave generated by vertical motions of the seafloor during an earthquake”*. Menurut Kusky (2008: 92), *“Tsunamis, also known as seismic sea waves, are usually generated from submarine landslides that displace a large volume of rock and sediment on the seafloor, which in turn displace a large amount of water”*. Lebih lanjut, Tarbuck dkk (2014: 380), menyatakan bahwa *“Most*

*tsunami are generated by displacement along megathrust fault that suddenly lifts a large slab of seafloor*”. Berdasar pendapat tersebut, dapat diketahui bahwa tsunami merupakan gelombang pasang yang diakibatkan oleh deformasi kerak samudera secara tiba-tiba sehingga mengakibatkan perpindahan air yang berada di atasnya. Energi tsunami bergantung pada kecepatan dan tinggi gelombangnya.

Dampak sekunder lainnya adalah terjadinya kebakaran maupun ledakan, misalnya dari tabung gas yang bocor atau dari korsleting listrik. Hal-hal kecil yang perlu diwaspada setelah terjadi gempa bumi adalah memastikan tidak ada kebocoran gas dan korsleting listrik, sehingga terhindar dari dampak kebakaran maupun ledakan.

#### g. Teori Tektonik Lempeng dan Batas Lempeng

Sebelum saintis mencetuskan teori tektonik lempeng, Alfred Wegener (1880-1930) mengemukakan sebuah teori yang disebut dengan *continental drift* (pergerakan benua). Borrero *et al* (2008: 469), menyatakan bahwa “*Wegener developed an idea that he called continental drift, which proposed that Earth's continent had once been joined as a single landmass that broke apart and sent the continents adrift*”. Lutgens dan Tarbuck (2012: 363), juga menjelaskan bahwa “*Wegener suggested that a single supercontinent consisting of all Earth's landmass once existed*”. Berdasar dua pendapat tersebut, dapat

disimpulkan bahwa menurut Wegener, semua benua di dunia dahulu pernah berada dalam satu daratan besar. Beberapa bukti dari teori pergerakan benua adalah; (1) adanya persamaan garis kontur pantai antara benua yang berdekatan; (2) ditemukannya fosil dari beberapa jenis hewan dan tumbuhan yang sama pada benua yang berdekatan; (3) adanya persamaan tipe batuan, seperti pada Pegunungan Appalachian yang memiliki formasi batuan yang sama dengan Pegunungan di Greenland dan Eropa; (4) bukti paleoklimatik (iklim purba); dan (5) bukti paleomagnetisme. Kelemahan dari teori pergerakan benua yang diajukan oleh Wegener adalah ketidakmampuannya untuk menjelaskan mekanisme pergerakan benua. Wegener berpendapat bahwa pergerakan benua dapat dijelaskan dengan gaya gravitasi bulan dan matahari yang menyebabkan pasang-surut air laut sehingga menyebabkan benua bergerak. Wegener juga tidak tepat ketika menyatakan bahwa benua yang lebih besar dan lebih kuat menerobos kerak samudera yang lebih tipis. Oleh karena itu, meskipun secara umum teori pergerakan benua adalah benar, tetapi ada hal-hal kecil yang tidak tepat seperti kerak benua yang sebenarnya tidak menerobos kerak samudera dan gaya pasang surut yang disebabkan oleh gravitasi matahari maupun bulan terlalu kecil untuk menggerakkan benua.

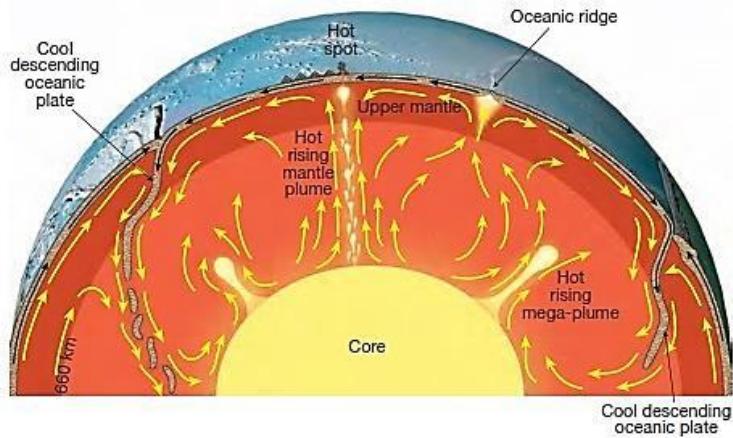
Suatu teknologi kemudian digunakan untuk mempelajari kerak samudera lebih lanjut, yang disebut magnetometer. Borrero *et al* (2008: 473), menyatakan bahwa “*A magnetometer is a device that can*

*detect small changes in magnetic field*”. Magnetometer dapat digunakan untuk memperoleh data mengenai paleomagnetisme dan pengaruhnya dalam pergerakan benua. Selain magnetometer, saintis juga menggunakan sistem sinar untuk mengetahui kedalaman air dan membuat peta topografi bawah laut. Data paleomagnetik, topografi bawah laut dan sedimentasi dari lantai samudera membangun suatu teori yang disebut *seafloor spreading* atau pemekaran dasar samudera. Borrero *et al* (2008: 479), menyatakan bahwa, “*Seafloor spreading is the theory that explains how new ocean crust is formed at ocean ridges and destroyed at deep sea trenches*”. Tarbuck dkk (2014: 53), menyatakan bahwa “*The mechanism that operates along the oceanic ridge to create new seafloor is appropriately called seafloor spreading*”. Lebih lanjut, Lutgens dan Tarbuck (2012: 369), menyatakan bahwa “*along the axis of some ridge segments is a deep downfaulted structure called rift valley. This structure is evidence that tensional forces are actively pulling the ocean crust apart at the ridge crest*”. Berdasar penjelasan tersebut, dapat diketahui bahwa teori pemekaran dasar samudera adalah teori yang menjelaskan mengenai pembentukan kerak samudera baru, sebagai bukti adanya gaya tarikan yang menarik kerak samudera secara berlawanan arah yang menimbulkan terbentuknya punggung samudera. Ketika terjadi pemekaran dasar samudera (dua kerak samudera yang bergerak saling menjauh), magma yang panas dan memiliki massa jenis yang lebih

kecil dibanding material penyusun mantel bumi naik ke atas hingga permukaan kerak bumi sepanjang punggung samudera. Teori pemekaran dasar samudera ini dapat digunakan untuk menjelaskan mekanisme pergerakan benua. Teori pemekaran dasar samudera telah menunjukkan bahwa kerak bumi dan suatu bagian yang kaku pada lapisan atas mantel bumi dapat bergerak.

Teori pemekaran dasar samudera menjelaskan bahwa kerak benua dan kerak samudera mampu bergerak. Teori tersebut kemudian digunakan para ahli geologi untuk membangun teori yang disebut dengan *plate tectonics* atau teori tektonik lempeng. Borrero *et al* (2008: 480), menjelaskan bahwa “*Plate tectonics is the theory that describes how tectonic plates move and shape Earth's surface. They move in different directions and at different rates relative to one another and they interact with one another at their boundaries*”. Lutgens dan Tarbuck (2012: 368), juga menjelaskan bahwa “*According to the plate tectonics model, the uppermost mantle and the overlying crust behave as a strong, rigid layer, known as the lithosphere, which is broken into segments commonly referred to as plates*”. Berdasar dua pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa teori tektonik lempeng menjelaskan bahwa kerak bumi dan bagian atas mantel bumi yang bersifat kaku (litosfer) bergerak dengan arah yang berbeda kemudian pecah menjadi beberapa bagian lempeng bumi. Pergerakan lempeng bumi disebabkan karena litosfer membentang

pada lapisan astenosfer mantel bumi. Temperatur dan tekanan yang berada pada bagian atas astenosfer membuat batuan berada sangat dekat dengan titik lelehnya, sehingga merespon tekanan yang sangat tinggi tersebut dengan mengalir. Aliran pada lapisan astenosfer memungkinkan litosfer yang berada di atasnya untuk bergerak.



Gambar 10. Aliran Konveksi dalam Astenosfer  
(Sumber: Lutgens dan Tarbuck, 2012: 388)

Bumi memiliki tujuh lempeng besar yaitu Lempeng Amerika Utara, Amerika Selatan, Pasifik, Afrika, Eurasia, Indo Australia dan Antartika. Lempeng dengan ukuran menengah di antaranya adalah lempeng Caribbean, Nazca, Filipina, Arab, Cocos, Scotia dan Juan de Fuca. Semua lempeng yang berada pada permukaan bumi saling bergerak satu sama lain pada batas-batas lempeng. Lempeng-lempeng di dunia memiliki tiga jenis batas lempeng sebagai berikut.

1) *Divergent Boundary* (Batas Lempeng Divergen)

Lutgens dan Tarbuck (2012: 369) menyatakan bahwa “*Divergent boundaries (constructive margins), where two plates move apart, resulting in upwelling of hot material from the mantle*

*to create seafloor*”. Borrero *et al* (2008: 480), menyatakan bahwa “*A convergent boundary occurs where tectonic plates move away from each other*”. Lebih lanjut Borrero *et al* (2008: 481), menyatakan bahwa “*Most divergent boundaries are found along the seafloor, where they form mid-ocean ridges*”. Berdasar penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa batas lempeng divergen kebanyakan ditemukan di lantai samudera dan terjadi ketika dua lempeng tektonik bergerak saling menjauh satu sama lain.

## 2) Convergent Boundary (Batas Lempeng Konvergen)

Borrero *et al* (2012: 480), menyatakan bahwa “*At convergent boundaries, two tectonic plates are moving toward each other. When two plates collide, the denser plate eventually descends below the other, less dense plate in a process called subduction*”.

Lutgens dan Tarbuck (2012: 369), juga menyatakan bahwa,

*Convergent boundaries (destructive margins), where two plates move together, resulting in oceanic lithosphere descending beneath an overriding plate, eventually to be reabsorbed into the mantle or possibly in the collision of two continental blocks to create a mountain system.*

Berdasarkan dua pendapat ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa batas lempeng konvergen terjadi ketika dua lempeng saling bertabrakan satu sama lain yang menyebabkan salah satu lempeng menyusup ke dalam lempeng lain yang memiliki massa jenis lebih kecil. Proses menyusupnya salah satu lempeng yang memiliki

massa jenis lebih besar ke dalam lempeng lain yang memiliki massa jenis yang lebih kecil disebut dengan subduksi. Jenis pergerakan lempeng secara konvergen dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Jenis Pergerakan Konvergen

Jenis Pergerakan Lempeng	Daerah yang Terkena Pengaruh Batas Lempeng	Contoh Kenampakan Alam yang Dihasilkan
Samudera-Samudera	Pulau Aleusia	Pulau Chagulak, Alaska
Samudera-Benua	Pegunungan Andes	Gunung Api Osorno, Chili
Benua-Benua	Himalaya	Ama Dablan, Nepal

(Sumber: Borrero *et al.*, 2012: 483)

### 3) Transform Boundaries (Batas Transform)

Borrero *et al* (2012: 484), menyatakan bahwa “*A region where two plates slide horizontally past each other is a transform boundary. Transform boundaries are characterized by long faults, sometimes hundreds of kilometers in length, and by shallow earthquakes*”. Tarbuck dkk (2014: 52), menyatakan bahwa “*Transform plate boundaries (conservative margins), where two plates grind past each other without the production or destruction of lithosphere*”. Berdasar dua pendapat tersebut, dapat diketahui bahwa batas lempeng transform terjadi ketika dua lempeng bergerak saling melewati satu sama lain, biasanya ditandai dengan terbentuknya sesar geser yang panjang.

## B. Penelitian yang Relevan

1. Penelitian yang relevan pernah dilakukan oleh Johar Maknun (2015), dengan judul penelitian Pembelajaran Mitigasi Bencana Berorientasi

Kearifan Lokal pada Pelajaran IPA di Sekolah Menengah Kejuruan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa siswa SMK yang diberi Pembelajaran Mitigasi Bencana Berorientasi Kearifan Lokal (PMBBKL) dengan pendekatan Sains, Teknologi, Masyarakat (STM) (kelas eksperimen) memiliki pemahaman mitigasi bencana yang lebih baik dibandingkan dengan siswa SMK yang mengikuti pembelajaran konvensional (kelas kontrol). Keunggulan ditunjukkan dengan nilai rata-rata tes akhir kelas eksperimen lebih tinggi dibanding dengan kelas kontrol dan diperkuat oleh skor gain ternormalisasi kelas eksperimen yang lebih tinggi dibanding nilai gain ternormalisasi kelas kontrol. Nilai gain ternormalisasi kelas eksperimen termasuk dalam kategori sedang, sementara itu nilai gain ternormalisasi kelas kontrol termasuk dalam kategori rendah.

2. Penelitian yang relevan pernah dilakukan oleh Emi Rahmawati (2013), dengan judul penelitian Pengintegrasian Pembelajaran Pengurangan Risiko Bencana (PRB) dalam IPA melalui Model CTL Bervisi SETS untuk Menumbuhkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis dan sikap siswa terhadap pengurangan resiko bencana kelas eksperimen lebih baik daripada kelas kontrol. Pengujian dilakukan menggunakan uji t pihak kanan, untuk nilai *posttest* diperoleh  $t_{hitung} = 2,02$  dan skor angket sikap siswa terhadap pengurangan resiko bencana diperoleh  $t_{hitung} = 2,08$ , sedangkan  $t_{tabel} = 1,67$ . Hal tersebut membuktikan bahwa pengintegrasian pembelajaran pengurangan resiko bencana melalui model CTL bervisi

SETS dapat digunakan untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis siswa SMP dan sikap siswa terhadap pengurangan resiko bencana.

3. Penelitian yang relevan pernah dilakukan oleh Ferdy Novrizal (2010), dengan judul penelitian Pengaruh Model Pembelajaran Sains, Teknologi, Masyarakat terhadap Peningkatan Penguasaan Konsep Fisika pada Konsep Usaha dan Energi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penguasaan konsep fisika siswa yang diajarkan dengan model STM lebih tinggi daripada penguasaan konsep fisika siswa yang diajarkan menggunakan metode konvensional. Pengujian dilakukan dengan uji t, dan didapatkan  $t_{hitung} = 2,22$  sedangkan  $t_{tabel} = 1,99$ , sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima.
4. Penelitian yang relevan pernah dilakukan oleh Indah Ayuning Tyas (2010), dengan judul penelitian Model Pembelajaran Fisika dengan pendekatan SETS untuk Meningkatkan Pemahaman dan Aktivitas Belajar Siswa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ketuntasan hasil belajar siswa sudah mencapai KKM yang ditetapkan dengan nilai rata-rata kelas meningkat dari 69,44 menjadi 82,78. Oleh karena itu, dalam penelitian ini disimpulkan bahwa model pembelajaran Fisika dengan pendekatan SETS dapat dijadikan alternatif pengajaran bagi guru dalam melatih keaktifan dan pemahaman siswa.

Berdasar penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti lain, dapat diketahui bahwa terdapat persamaan dan perbedaan antara penelitian ini dengan beberapa penelitian lain. Persamaan penelitian ini dengan beberapa penelitian yang dilakukan oleh peneliti lain yaitu penggunaan pembelajaran

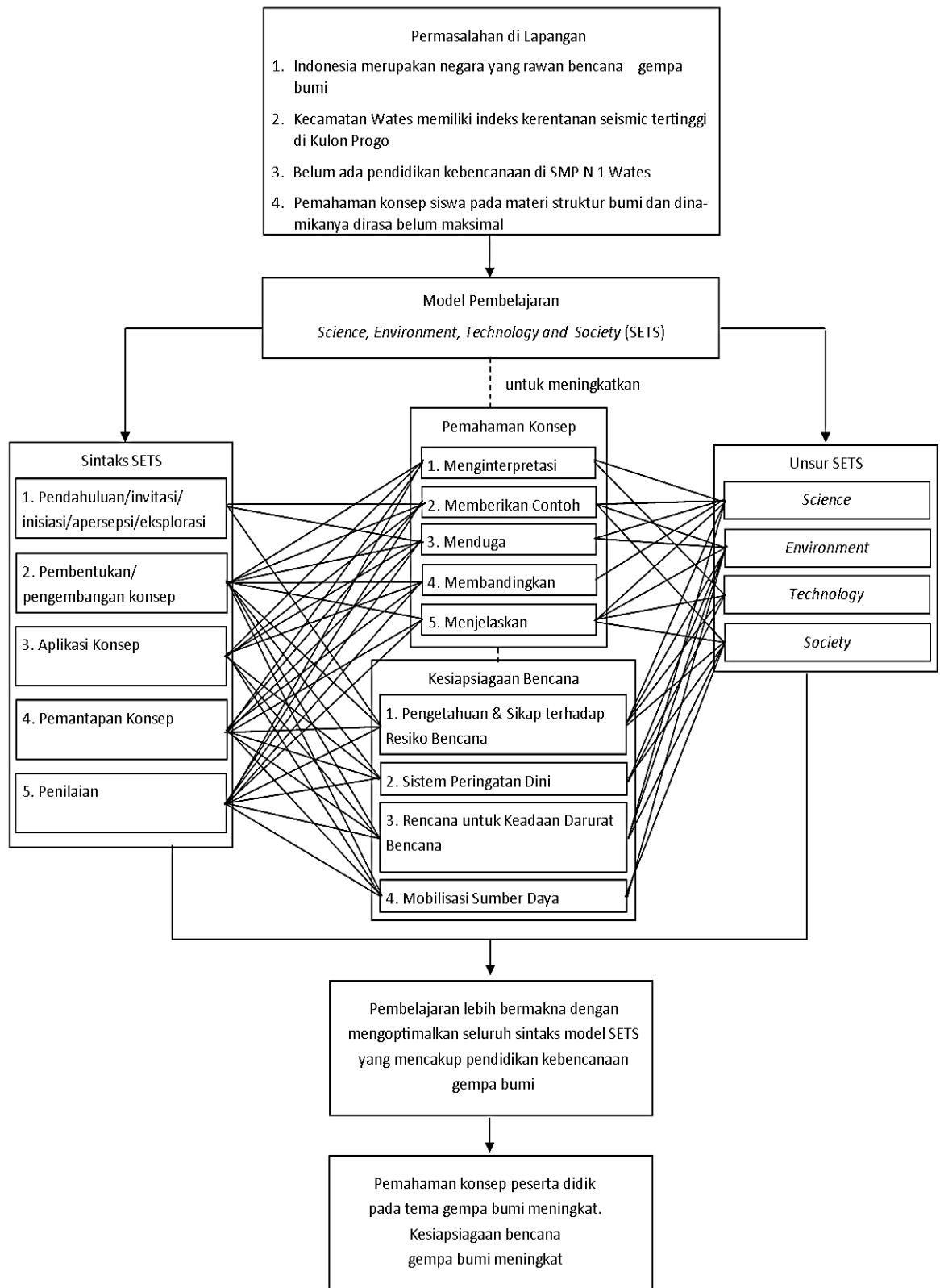
*Science, Environment, Technology and Society* (SETS) untuk meningkatkan kemampuan pengurangan resiko bencana dan untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian lain adalah penelitian ini menempatkan pembelajaran *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) sebagai model pembelajaran untuk meningkatkan kesiapsiagaan bencana gempa bumi dan meningkatkan pemahaman konsep pada tema gempa bumi.

### **C. Kerangka Berpikir**

Pendidikan yang baik tidak hanya mempersiapkan peserta didik untuk meraih sesuatu profesi atau jabatan tetapi juga untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari. Termasuk ketika seorang individu berdomisili di kawasan rawan bencana, maka individu tersebut tentu harus memiliki kesiapsiagaan untuk menghadapi bencana gempa bumi yang bisa datang sewaktu-waktu. Kesiapsiagaan bencana individu dapat ditingkatkan dengan pendidikan kebencanaan yang diselenggarakan oleh sekolah. Pendidikan kebencanaan dapat diintegrasikan dengan pelajaran IPA yang juga memiliki hakekat untuk mempelajari alam semesta. Pendidikan kebencanaan yang diintegrasikan dengan pelajaran IPA akan tersaji dengan baik jika pendidik memilih model pembelajaran yang sesuai. Model pembelajaran SETS yang memiliki ciri khas untuk mengangkat isu-isu yang ada di masyarakat sebagai permasalahan dalam pembelajaran dengan mengintegrasikan empat unsur pembelajaran yakni sains, lingkungan, teknologi dan masyarakat diharapkan dapat mendorong peserta didik untuk

menumbuhkan kesiapsiagaan menghadapi bencana gempa bumi dan meningkatkan pemahaman konsep peserta didik pada tema gempa bumi. Hal tersebut terjadi karena setiap sintaks dan unsur dari model pembelajaran SETS mampu untuk memayungi setiap aspek kesiapsiagaan bencana gempa bumi dan pemahaman konsep pada tema gempa bumi seperti yang terlihat pada

Gambar 11.



Gambar 11. Kerangka Berpikir Penelitian

## **D. Definisi Operasional Variabel**

### **1. Model Pembelajaran *Science, Environment, Technology and Society* (SETS)**

Pembelajaran dengan Model *Science, Environment, Technology and Society* (SETS) adalah model pembelajaran yang mengaitkan empat unsur, yakni sains, lingkungan, teknologi dan masyarakat. Pembelajaran selalu dimulai dengan didasarkan pada isu/permasalahan yang berkaitan dengan konsep/tema pembelajaran, sehingga pembelajaran lebih bermakna karena hal yang dipelajari dekat dengan kehidupan peserta didik.

### **2. Model Pembelajaran Konvensional**

Model pembelajaran konvensional dalam penelitian ini merupakan model pembelajaran yang biasa dilakukan pada kelas kontrol. Pembelajaran dengan model konvensional dilakukan menggunakan pendekatan saintifik 5M, yang terdiri dari mengamati, menanya, mencoba, menalar, dan mengomunikasikan.

### **3. Kesiapsiagaan Bencana Gempa Bumi**

Kesiapsiagaan adalah tindakan sebelum bencana yang dilakukan oleh semua pihak baik individu, masyarakat maupun pemerintah dalam rangka menanggulangi bencana dan menyiapkan diri untuk menghadapi situasi bencana dengan tepat, efisien dan efektif. Kesiapsiagaan pada penelitian ini adalah kesiapsiagaan pada bencana gempa bumi. Adapun parameter kesiapsiagaan bencana yang digunakan dalam penelitian ini meliputi empat aspek, yaitu: (a) pengetahuan dan sikap terhadap resiko

bencana; (b) sistem peringatan dini; (c) rencana tanggap darurat dan (d) kemampuan memobilisasi sumber daya.

#### 4. Pemahaman Konsep

Pemahaman konsep merupakan kemampuan untuk membangun ulang suatu informasi yang telah diperoleh dengan memperhatikan hubungan sebab akibat suatu sistem secara tepat, menyatakan ulang informasi dengan bahasanya sendiri dan mengubah informasi tersebut ke bentuk lain berupa grafik, gambar, diagram maupun pernyataan yang berupa ringkasan. Pemahaman konsep yang dikembangkan dalam penelitian ini meliputi menginterpretasi, memberikan contoh, menduga, membandingkan dan menjelaskan. Penilaian untuk menilai pemahaman konsep dilakukan menggunakan instrumen tes soal uraian.

### E. Hipotesis Penelitian

Berdasar kajian pustaka dan penelitian lain yang pernah dilakukan, hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Ada pengaruh pembelajaran IPA dengan model *Science, Environment, Technology and Society* terhadap kesiapsiagaan bencana gempa bumi peserta didik SMP Negeri 1 Wates.
2. Ada pengaruh pembelajaran IPA dengan model *Science, Environment, Technology and Society* terhadap pemahaman konsep pada tema gempa bumi peserta didik SMP Negeri 1 Wates.