

GEOLOGI LINGKUNGAN & EKOTEOLOGI

Jilid I



Jembatan Pengetahuan & Iman
dalam Memandang Isu Lingkungan

Disusun oleh:

Twin Hosea W. Kristyanto
Twin Yoshua R. Destyanto

Twin Hosea W. Kristyanto
Twin Yoshua. R. Destyanto

GEOLOGI LINGKUNGAN & EKOTEKOLOGI

Jilid 1



**Jembatan Pengetahuan & Iman
dalam Memandang Isu Lingkungan**

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

GEOLOGI LINGKUNGAN

& EKOTELOGI

Jilid 1

Penulis:

Twin Hosea W. Kristyanto

Twin Yoshua. R. Destyanto

Hak Cipta © 2025, pada penulis

Hak publikasi pada Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Dilarang memperbanyak, memperbanyak sebagian atau seluruh isi dari buku ini dalam bentuk apapun, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan ke- 05 04 03 02 01

Tahun 21 22 23 24 25

Diterbitkan oleh

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

Jl. Babarsari No. 5-6 Yogyakarta 55281

Telp. +62 274 487711

E-mail: lib.publisher@uajy.ac.id

ISBN: 978-634-04-1264-2(PDF)

GEOLOGI LINGKUNGAN & EKOTEOLOGI

Jilid 1



**Jembatan Pengetahuan & Iman
dalam Memandang Isu Lingkungan**

Prakata

Buku yang bertajuk “Geologi Lingkungan & Ekoteologi” ini merupakan karya yang terinspirasi dari uniknya generasi muda memandang pentingnya isu lingkungan. Kritik terhadap pengelolaan lingkungan yang lalim oleh para pemangku kepentingan kerap menjadi bahan diskusi mereka. Sebagai seorang *geologist* dan insinyur, sekaligus insan spiritual, penyusun tergugah untuk ikut berkontribusi dalam diskursus ini.

Tulisan ini menggunakan dua lensa, yang seolah berseberangan namun ternyata memiliki banyak irisan. Lensa itu adalah geologi lingkungan, mewakili ilmu pengetahuan, dan lensa ekoteologi, sebagai wawasan iman. Kolaborasi ini didasarkan pada kesadaran bahwa perlu adanya instrumen multidisiplin dalam upaya pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

Penyusun berharap buku ini dapat menjadi salah satu rujukan untuk memandang isu lingkungan dari kacamata sains dan iman. Sehingga, para pembaca dapat memperoleh wawasan untuk bertindak sebagai bukan hanya pengguna tetapi juga pengelola lingkungan dan sumber daya yang ada di dalamnya. Sehingga, setiap manusia akan berpikir ulang, bahwa kita dicipta bukan hanya untuk mengonsumsi dan mengeksploitasi, tetapi untuk merestorasi dan mengkonservasi. Karena bumi yang kita tempati

sekarang bukan hanya untuk generasi ini saja, tetapi juga untuk generasi berikutnya. Bukan hanya memikirkan masa di mana kita ada, tetapi memiliki visi hingga kekekalan.

Ucapan terima kasih diberikan kepada pimpinan Program Studi S1 Geologi, FMIPA, Universitas Indonesia yang telah memberikan kesempatan berharga kepada penyusun, sehingga buku ini dapat diselesaikan; setelah sempat terbengkalai beberapa waktu lamanya. Terima kasih juga disampaikan bagi Gembala GBI ICON, Jakarta, Pdt. Drs. Budi Sastradiputra, M.Th. yang setia mendukung dan memberikan kesempatan kepada penyusun untuk berkarya. Penghargaan perlu diberikan pula kepada seluruh keluarga besar ChosenOne Community (COC), terutama Pdm. Leonardo Wayong beserta istri dan para pengurus, yang telah menanamkan visi untuk terus berkarya di musim-musim penuaian ini. Terima kasih kepada segenap jemaat di GBI Babarsari, Yogyakarta, yang juga senantiasa memberikan dukungan kepada kami untuk menyelesaikan karya ini.

Sebagai penutup, kami ingin menyampaikan bahwa buku ini tidak dimaksudkan sebagai versi akhir. Masih terdapat banyak peluang untuk melengkapi, menambah, atau bahkan memangkas isi yang ada. Gagasan-gagasan baru dari pembaca dapat menjadi masukan berharga untuk penyempurnaan buku ini di waktu yang akan datang. Karenanya, kami sangat mengundang kritik dan saran konstruktif dari para pembaca karya tulis ini. Terima kasih atas waktu Anda membaca buku ini.

Salam,

Twin Hosea W. Kristyanto
Twin Yoshua. R. Destyanto

Daftar Isi

Prakata	v
Daftar Isi	vii

Pendahuluan	1
Latar Belakang dan Urgensi Buku Ini	1
Relevansi dalam Konteks Indonesia.....	2
Relasi Geologi Lingkungan dengan Ekoteologi	4

Bagian I

LANDASAN TEORETIS	7
--------------------------------	----------

Bab 1

Esensi Geologi Lingkungan	9
Definisi dan Ruang Lingkup Geologi Lingkungan	9
Interaksi Geologi dan Ekosistem.....	12
Dampak Aktivitas Antropogenik terhadap Lingkungan Geologi.....	14
Prinsip Keberlanjutan dalam Geologi Lingkungan	15

Bab 2

Esensi Ekoteologi.....	18
Definisi dan Sejarah Perkembangan Ekoteologi.....	18

Perspektif Tradisi Keagamaan tentang Lingkungan.....	21
Prinsip Ekoteologi Kristen dalam Hubungan Manusia dan Alam.....	24
Relevansi Ekoteologi dalam Menghadapi Krisis Lingkungan.....	26

Bagian II

NARASI CIPTAAN 29

Bab 3

Sejarah Bumi dalam Narasi Geologi..... 29

Evolusi Geologi Bumi: Pembentukan hingga Antroposen ...	29
Catatan Geologi sebagai “Cerita” Proses Alam.....	33
Kehadiran Manusia dalam Skala Waktu Geologi	34
Implikasi Imliah untuk Kesadaran Ekologis	36

Bab 4

Makna Spiritual Ciptaan dalam Ekoteologi 39

Narasi Penciptaan dan Kejatuhan	39
Alam sebagai Tanda Kehadiran Tuhan	41
Refleksi Ekoteologi terhadap Keajaiban dan Kerentanan Bumi	42
Relevansi Narasi Spiritual untuk Hubungan Manusia- Alam	44

Bagian III

PERSPEKTIF TERHADAP ANTROPOSEN..... 47

Bab 5

Perspektif Geologi Lingkungan terhadap Peran Manusia 49

Manusia sebagai Agen Perubahan Geologi	49
--	----

Dampak Aktivitas Industri dan Urbanisasi.....	52
Peran Geologi dalam Konservasi Lingkungan.....	54
Pendekatan Ilmiah dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam	56

Bab 6

Perspektif Ekoteologi terhadap Peran Manusia .. 59

Manusia sebagai Penjaga Keseimbangan Alam	59
Konsep Tanggung Jawab Moral dan Spiritual terhadap Bumi	61
Kritik terhadap Eksploitasi Lingkungan dari Sudut Pandang Ekoteologi	62
Contoh Gerakan Ekoteologi dalam Konservasi Lingkungan.....	64

Bab 7

Dinamika Antropogenik dalam Perspektif

Geologi dan Ekoteologi 65

Evolusi Peran Manusia sebagai Kekuatan Geologi dan Spiritual.....	65
Interaksi antara Teknologi Modern dan Nilai Spiritual dalam Pengelolaan Alam.....	67
Studi Kasus Dampak Jangka Panjang Aktivitas Antropogenik	69
Rekonsiliasi antara Kemajuan Manusia dan Pelestarian Ciptaan	70

Penutup Jilid I..... 72

Bab 8

Refleksi Narasi dan Peran Manusia 72

Ringkasan Temuan Utama Jilid I.....	72
Esensi Geologi Lingkungan dan Ekoteologi: Landasan Berpikir	72

Narasi Ciptaan dari Perspektif Geologi dan Spiritual	73
Peran Manusia: Agen Perubahan dan Penjaga Ciptaan ...	74
Refleksi atas Dualitas Peran Manusia	75
Ketegangan antara Kemajuan dan Pelestarian	75
Pelajaran dari Sejarah Bumi dan Narasi Teologis	76
Jembatan ke Jilid II	77
Kebutuhan akan Titik Temu antara Ilmu dan Nilai	
untuk Keberlanjutan	77
Melanjutkan Perjalanan Menuju Paradigma Baru	77
Daftar Pustaka	81
Biografi Penulis	93

Pendahuluan

Latar Belakang dan Urgensi Buku Ini

Krisis lingkungan yang terjadi di berbagai belahan dunia telah menjadi isu yang mendesak untuk segera ditangani. Perubahan iklim, eksploitasi sumber daya alam yang tidak berkelanjutan, degradasi lingkungan, serta bencana alam yang semakin sering terjadi menuntut adanya pendekatan yang lebih komprehensif dalam memahami dan mengelola hubungan manusia dengan alam. Selama ini, pendekatan ilmiah dan teknis dalam mengatasi permasalahan lingkungan sering kali terpisah dari nilai-nilai moral dan etika. Padahal, keberlanjutan lingkungan tidak hanya bergantung pada pemahaman geologi dan ekosistem, tetapi juga pada kesadaran moral serta tanggung jawab manusia terhadap alam.

Dalam konteks ini, geologi lingkungan dan ekoteologi menawarkan dua perspektif yang berbeda namun saling melengkapi. Geologi lingkungan berfokus pada pemahaman ilmiah mengenai interaksi antara manusia dan bumi, mencakup aspek-aspek seperti pengelolaan sumber daya alam, mitigasi bencana geologi, serta dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan geologis. Permasalahan lingkungan, seperti banjir dan perubahan iklim, tidak lepas dari cakupan topik yang menjadi fokus penelitian para

ahli Geologi. Analisis terhadap *microfossil*, baik itu plangtonik, bentonik, maupun polen, dapat digunakan untuk merekonstruksi iklim purba suatu wilayah. Analisis hidrogeokimia juga dapat menjejak perubahan suhu yang pernah terjadi di kawasan tertentu. Penelitian-penelitian semacam ini dapat menjadi dasar untuk membangun suatu strategi dalam menghadapi perubahan iklim. Sementara itu, ekoteologi menyoroti dimensi spiritual dan etis dalam relasi manusia dengan lingkungan, dengan menekankan pentingnya tanggung jawab moral serta nilai-nilai keagamaan dalam menjaga keseimbangan ekosistem.

Buku ini hadir untuk menjembatani dua pendekatan tersebut, dengan tujuan memberikan pemahaman yang lebih luas dan mendalam mengenai hubungan manusia dengan alam. Dengan mengintegrasikan geologi lingkungan dan ekoteologi, diharapkan muncul kesadaran baru bahwa keberlanjutan lingkungan bukan sekadar persoalan ilmiah, tetapi juga merupakan tanggung jawab moral yang harus diemban oleh setiap individu. Buku ini ditujukan bagi akademisi, mahasiswa, praktisi lingkungan, pemuka agama, serta masyarakat umum yang ingin memahami hubungan kompleks antara ilmu pengetahuan dan nilai-nilai spiritual dalam menjaga kelestarian bumi.

Relevansi dalam Konteks Indonesia

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan keanekaragaman hayati yang tinggi memiliki tantangan lingkungan yang kompleks. Dari deforestasi, eksploitasi sumber daya tambang, hingga bencana geologi seperti gempa bumi dan letusan gunung berapi, Indonesia menghadapi berbagai persoalan yang memerlukan pendekatan multidisiplin. Oleh karena itu, integrasi antara geologi lingkungan dan ekoteologi menjadi relevan untuk membangun

kesadaran ekologis berbasis ilmu pengetahuan dan nilai-nilai kearifan lokal.

Dalam tradisi keagamaan dan budaya Indonesia, konsep harmoni dengan alam telah lama dikenal. Misalnya, dalam ajaran Islam terdapat konsep *rahmatan lil 'alamin* yang menekankan keberlanjutan lingkungan sebagai bagian dari amanah manusia. Demikian pula, dalam tradisi Hindu-Bali dikenal filosofi Tri Hita Karana yang mengajarkan keseimbangan antara manusia, lingkungan, dan spiritualitas. Integrasi prinsip-prinsip ini dengan ilmu geologi lingkungan dapat menjadi landasan bagi kebijakan dan praktik keberlanjutan yang lebih efektif.

Dalam perspektif teologi Kristen, alam dipandang sebagai ciptaan Tuhan yang harus dijaga dan dilestarikan. Konsep *stewardship* atau pemeliharaan bumi menekankan bahwa manusia memiliki tanggung jawab moral untuk merawat lingkungan sebagai bagian dari iman mereka. Dalam Alkitab, Kejadian 2:15 menyebutkan bahwa manusia ditempatkan di bumi untuk mengusahakan dan memeliharanya, bukan mengeksploitasi secara berlebihan. Oleh karena itu, pendekatan ekoteologi Kristen dapat menjadi fondasi penting dalam membangun kesadaran ekologis yang berbasis pada iman.

Buku ini tidak hanya menawarkan perspektif teoretis tetapi juga mengajak pembaca untuk mengeksplorasi pendekatan berbasis kearifan lokal dalam menjaga kelestarian lingkungan. Dengan demikian, diharapkan dapat muncul solusi yang lebih kontekstual bagi Indonesia dalam menghadapi tantangan ekologi masa depan. Terutama, respons generasi muda, sebagai penerus bangsa, sangat ditunggu, setidaknya melalui perubahan pola pikir mengenai pengelolaan lingkungan di bumi Indonesia.

Relasi Geologi Lingkungan dengan Ekoteologi

Geologi lingkungan dan ekoteologi, meskipun berasal dari disiplin yang berbeda, memiliki titik temu dalam kepedulian terhadap kelestarian alam. Geologi lingkungan merupakan cabang ilmu geologi yang berfokus pada interaksi antara aktivitas manusia dan lingkungan geologi, termasuk bagaimana manusia memanfaatkan sumber daya alam, mengelola risiko bencana, serta menjaga keseimbangan ekosistem geologis. Dalam geologi lingkungan, pendekatan yang digunakan cenderung berbasis data dan analisis ilmiah, dengan tujuan mencari solusi teknis untuk permasalahan lingkungan yang dihadapi manusia.

Di sisi lain, ekoteologi Kristen menawarkan perspektif yang lebih filosofis dan etis dalam memahami hubungan manusia dengan alam. Ekoteologi berangkat dari keyakinan bahwa alam bukan sekadar objek eksploitasi manusia, melainkan ciptaan yang memiliki nilai intrinsik dan harus dihormati serta dijaga. Dalam berbagai tradisi Kristen, terdapat ajaran yang menekankan pentingnya keseimbangan ekologis dan tanggung jawab manusia sebagai penjaga lingkungan. Konsep seperti *stewardship* (penatalayanan) dalam agama Kristen menunjukkan bahwa iman memiliki kontribusi dalam membentuk kesadaran ekologis manusia.

Hubungan antara geologi lingkungan dan ekoteologi Kristen dapat dilihat sebagai dua pendekatan yang saling melengkapi. Sementara geologi lingkungan menyediakan dasar ilmiah untuk memahami fenomena alam dan dampak aktivitas manusia, ekoteologi memberikan landasan moral dan etis dalam pengambilan keputusan terkait lingkungan. Dengan menggabungkan kedua perspektif ini, kita dapat membangun

pendekatan yang lebih holistik dalam mengatasi permasalahan lingkungan.

Bagian I

LANDASAN TEORETIS



Bab 1

Esensi Geologi Lingkungan

We are not separate from the Earth; we are a part of it, whether we recognize it or not (David Suzuki)

Definisi dan Ruang Lingkup Geologi Lingkungan

Geologi lingkungan adalah cabang ilmu geologi yang mempelajari interaksi antara proses geologi dan lingkungan hidup, termasuk bagaimana aktivitas manusia memengaruhi sistem bumi serta bagaimana sistem bumi memengaruhi kehidupan manusia. Secara formal, geologi lingkungan didefinisikan sebagai studi tentang proses geologi—seperti erosi, sedimentasi, tektonik, dan vulkanisme—dalam konteks hubungannya dengan ekosistem, sumber daya alam, dan dampak antropogenik. Fokus utamanya adalah memahami dinamika bumi untuk mendukung pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Dalam konteks modern, geologi lingkungan tidak hanya berbicara tentang batuan dan mineral, tetapi juga tentang bagaimana elemen-elemen ini berinteraksi dengan air, udara, dan kehidupan. Misalnya, studi tentang kontaminasi air tanah akibat pertambangan atau perubahan lanskap akibat pembangunan infrastruktur menjadi bagian integral dari disiplin ini. Dengan kata lain, geologi lingkungan menjembatani ilmu alam dan kebutuhan manusia akan lingkungan yang sehat.

Ruang lingkup geologi lingkungan sangat luas, mencakup berbagai aspek, mulai dari analisis risiko bencana alam hingga pengelolaan sumber daya alam. Salah satu bidang utamanya adalah studi tentang bahaya geologi, seperti gempa bumi, tanah longsor, dan letusan gunung api. Para geolog lingkungan bekerja untuk memetakan zona-zona risiko dan memberikan rekomendasi mitigasi kepada pemerintah atau komunitas. Sebagai contoh, pemetaan patahan aktif di wilayah rawan gempa seperti Indonesia menjadi salah satu aplikasi langsung dari ilmu ini. Selain itu, geologi lingkungan juga mencakup studi tentang sumber daya alam seperti air tanah, mineral, dan energi fosil, dengan tujuan memastikan eksploitasi yang bertanggung jawab. Dalam era perubahan iklim, disiplin ini semakin relevan karena membantu memahami bagaimana kenaikan permukaan laut atau perubahan pola curah hujan memengaruhi stabilitas geologi (Selinus et al., 2017).

Geologi lingkungan juga bersinggungan dengan disiplin lain seperti hidrologi, ekologi, dan teknik sipil. Misalnya, dalam pengelolaan limbah, geolog lingkungan mempelajari bagaimana bahan kimia berbahaya meresap ke dalam lapisan tanah dan mencemari akuifer. Studi semacam ini membutuhkan pemahaman mendalam tentang porositas batuan dan dinamika aliran air bawah tanah. Selain itu, geologi lingkungan juga berperan dalam perencanaan tata ruang kota. Ketika sebuah kota besar seperti Jakarta menghadapi masalah penurunan tanah (*land subsidence*) akibat ekstraksi air tanah berlebihan, geolog lingkungan memberikan data ilmiah untuk mendukung solusi jangka panjang, seperti pengalihan sumber air atau pembatasan pembangunan. Dengan demikian, ruang lingkungannya tidak hanya

terbatas pada penelitian akademis, tetapi juga aplikatif dalam kehidupan sehari-hari.

Pentingnya geologi lingkungan semakin terlihat dalam konteks krisis lingkungan global saat ini. Perubahan iklim, deforestasi, dan polusi telah mengubah wajah bumi dengan cara yang belum pernah terjadi sebelumnya. Geologi lingkungan menawarkan kerangka ilmiah untuk memahami perubahan ini dan mencari solusi yang berkelanjutan. Sebagai contoh, studi tentang karbonasi mineral—proses di mana karbon dioksida diserap oleh batuan—telah menjadi topik hangat dalam upaya mitigasi emisi gas rumah kaca. Pendekatan ini menunjukkan bagaimana ilmu geologi dapat berkontribusi pada tantangan lingkungan modern. Oleh karena itu, geologi lingkungan tidak hanya bersifat reaktif (menangani masalah yang sudah ada), tetapi juga proaktif dalam mencegah kerusakan lebih lanjut (Goudie, 2020).

Secara historis, geologi lingkungan mulai berkembang pesat sejak pertengahan abad ke-20, seiring dengan meningkatnya kesadaran akan dampak aktivitas manusia terhadap bumi. Pada awalnya, fokusnya lebih pada eksploitasi sumber daya, tetapi sejak dekade 1970-an, perhatian beralih ke isu konservasi dan keberlanjutan. Di Indonesia, misalnya, geologi lingkungan menjadi relevan dengan munculnya konsep geopark, yang menggabungkan pelestarian warisan geologi dengan pembangunan ekonomi lokal. Geopark Ciletuh di Jawa Barat adalah salah satu contoh bagaimana geologi lingkungan diterapkan untuk mendukung ekowisata sekaligus melindungi keanekaragaman hayati. Dengan demikian, definisi dan ruang lingkup geologi lingkungan terus berkembang seiring waktu, mencerminkan tantangan dan kebutuhan masyarakat global.

Interaksi Geologi dan Ekosistem

Interaksi antara geologi dan ekosistem adalah proses dua arah yang kompleks, di mana kondisi geologi membentuk ekosistem, dan aktivitas ekosistem memengaruhi dinamika geologi. Secara mendasar, geologi menyediakan “fondasi” bagi ekosistem melalui pembentukan tanah, topografi, dan ketersediaan air. Misalnya, jenis batuan di suatu wilayah menentukan sifat tanah—apakah subur atau tandus—yang pada gilirannya memengaruhi vegetasi dan fauna yang dapat hidup di sana. Batugamping (*limestone*), misalnya, cenderung membentuk tanah yang kaya kalsium, mendukung ekosistem karst yang unik seperti yang terlihat di Gunung Sewu, Indonesia. Sebaliknya, batuan vulkanik, seperti di sekitar Gunung Merapi, menghasilkan tanah andosol yang sangat subur, mendukung pertanian intensif (Montgomery, 2017).

Proses geologi seperti erosi dan sedimentasi juga memainkan peran kunci dalam membentuk ekosistem. Sungai yang mengangkut sedimen dari pegunungan ke dataran rendah menciptakan delta yang kaya nutrisi, seperti Delta Mahakam di Kalimantan Timur. Delta ini menjadi habitat bagi *mangrove*, burung migran, dan ikan, menunjukkan bagaimana geologi secara langsung mendukung keanekaragaman hayati. Namun, interaksi ini tidak statis; perubahan geologi seperti gempa bumi atau letusan gunung api dapat mengganggu ekosistem secara drastis. Letusan Gunung Tambora pada 1815, misalnya, tidak hanya mengubah lanskap lokal tetapi juga memengaruhi iklim global, menyebabkan “tahun tanpa musim panas” yang berdampak terhadap ekosistem di belahan bumi lain (Oppenheimer, 2019).

Sebaliknya, ekosistem juga memengaruhi geologi melalui proses biologi. Akar tanaman, misalnya, dapat mempercepat pelapukan

batuan melalui proses mekanis dan kimiawi, menghasilkan tanah yang lebih dalam dan stabil. Di hutan hujan tropis seperti di Sumatra, vegetasi lebat membantu mencegah erosi tanah dengan menahan air hujan, sehingga mengurangi laju sedimentasi di sungai. Mikroorganisme dalam tanah juga berkontribusi pada pelapukan kimiawi, misalnya dengan menghasilkan asam organik yang melarutkan mineral. Interaksi ini menunjukkan bahwa geologi dan ekosistem saling bergantung dalam menjaga keseimbangan lingkungan.

Dalam skala waktu yang lebih panjang, interaksi ini terlihat dalam siklus karbon. Ekosistem laut, seperti terumbu karang, menyerap karbon dioksida dari atmosfer dan mengendapkannya sebagai kalsium karbonat dalam batugamping. Proses ini, yang berlangsung selama jutaan tahun, tidak hanya membentuk lanskap geologi tetapi juga mengatur iklim global. Di sisi lain, aktivitas vulkanik melepaskan karbon dioksida kembali ke atmosfer, menciptakan keseimbangan alami yang kini terganggu oleh emisi antropogenik (Gattuso et al., 2018).

Di Indonesia, interaksi antara geologi dan ekosistem sangat terlihat di wilayah-wilayah dengan aktivitas tektonik tinggi. Cincin Api Pasifik yang melintasi kepulauan ini menciptakan gunung api dan patahan yang membentuk ekosistem unik, seperti danau kawah dan hutan pegunungan. Namun, interaksi ini juga rentan terhadap gangguan. Deforestasi di lereng gunung, misalnya, meningkatkan risiko longsor dan banjir, yang pada akhirnya merusak ekosistem di hilir. Oleh karena itu, memahami hubungan ini menjadi kunci untuk pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

Dampak Aktivitas Antropogenik terhadap Lingkungan Geologi

Aktivitas manusia telah menjadi kekuatan geologi yang signifikan, sering kali disebut sebagai “Antroposen”—suatu kala di mana manusia mendominasi perubahan di permukaan bumi. Salah satu dampak terbesar adalah pertambangan, yang mengubah lanskap secara permanen. Penambangan batubara di Kalimantan Timur, misalnya, telah menghasilkan lubang-lubang besar di permukaan tanah, mengganggu aliran air tanah, dan menyebabkan erosi yang parah. Selain itu, limbah tambang seperti merkuri dan asam sulfat mencemari sungai, mengancam ekosistem air tawar dan kesehatan manusia.

Urbanisasi adalah faktor lain yang mengubah lingkungan geologi. Pembangunan kota besar seperti Jakarta telah menyebabkan penurunan tanah (*land subsidence*) akibat ekstraksi air tanah yang berlebihan. Pada 2020, beberapa wilayah Jakarta Utara telah turun hingga 4 meter di bawah permukaan laut, meningkatkan risiko banjir dan intrusi air laut. Proses ini diperparah oleh hilangnya lapisan penutup tanah alami akibat pembangunan beton, yang mengurangi kemampuan tanah untuk menyerap air. Dampak ini menunjukkan bagaimana aktivitas manusia dapat mempercepat proses geologi yang biasanya berlangsung lambat (Abidin et al., 2019).

Deforestasi juga memiliki konsekuensi geologi yang serius. Di wilayah tropis seperti Indonesia, penebangan hutan untuk perkebunan kelapa sawit meningkatkan erosi tanah dan sedimentasi di sungai. Sungai Citarum di Jawa Barat, misalnya, telah menjadi salah satu sungai paling tercemar di dunia akibat aliran sedimen dan limbah dari daratan yang gundul. Hilangnya

vegetasi juga meningkatkan risiko tanah longsor, terutama di daerah pegunungan yang curam.

Aktivitas pertanian intensif juga memengaruhi lingkungan geologi melalui penggunaan pupuk dan pestisida. Bahan kimia ini meresap ke dalam tanah dan air tanah, mengubah komposisi kimia batuan dan menyebabkan eutrofikasi di badan air. Di dataran tinggi seperti Dieng, Jawa Tengah, penggunaan pupuk berlebihan yang dapat merubah kimia dan fisika tanah, mempercepat pelapukan batuan, dan mengurangi kesuburan jangka panjang. Selain itu, irigasi yang tidak terkontrol dapat menyebabkan salinisasi tanah, terutama di daerah kering, yang mengubah struktur geologi permukaan.

Dampak paling global dari aktivitas manusia adalah perubahan iklim, yang memengaruhi proses geologi seperti pencairan gletser dan kenaikan permukaan laut. Di Indonesia, pulau-pulau kecil, seperti di Kepulauan Seribu, menghadapi ancaman tenggelam akibat kombinasi kenaikan air laut dan penurunan tanah. Proses ini juga meningkatkan frekuensi bencana geologi seperti banjir dan abrasi pantai, yang pada gilirannya mengubah morfologi pesisir. Oleh karena itu, aktivitas manusia tidak hanya dapat, jika bukan telah, merusak lingkungan geologi secara langsung tetapi juga memperburuk kerentanan bumi terhadap perubahan alami.

Prinsip Keberlanjutan dalam Geologi Lingkungan

Prinsip keberlanjutan dalam geologi lingkungan berfokus pada penggunaan sumber daya alam secara bijaksana untuk memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang. Konsep ini berakar pada pemahaman bahwa bumi memiliki kapasitas terbatas, baik dalam hal sumber daya mineral

maupun kemampuan untuk menyerap dampak aktivitas manusia. Salah satu prinsip utamanya adalah pengelolaan sumber daya yang terbarukan dan tidak terbarukan dengan pendekatan siklus hidup, misalnya melalui daur ulang logam atau penggunaan energi alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.

Prinsip kedua adalah mitigasi risiko geologi dengan mempertimbangkan dampak jangka panjang. Dalam konteks ini, geologi lingkungan menekankan pentingnya perencanaan tata ruang yang berbasis data ilmiah. Misalnya, pembangunan di zona patahan aktif, seperti di Sumatera, harus dihindari atau dirancang dengan standar ketahanan gempa yang tinggi. Pendekatan ini tidak hanya melindungi manusia tetapi juga meminimalkan kerusakan lingkungan akibat bencana. Di Indonesia, keberhasilan Geopark Batur di Bali menunjukkan bagaimana pelestarian warisan geologi dapat diintegrasikan dengan pembangunan berkelanjutan.

Ketiga, keberlanjutan dalam geologi lingkungan menuntut pemulihan lingkungan yang telah rusak. Reklamasi lahan bekas tambang adalah salah satu contoh aplikasinya. Di Kalimantan Selatan, upaya reklamasi telah mengubah bekas tambang batubara menjadi kawasan hijau yang mendukung ekosistem lokal. Proses ini melibatkan pengisian lubang tambang, penanaman vegetasi asli, dan pemantauan kualitas air tanah. Meskipun tantangannya besar—terutama biaya dan waktu—keberhasilan reklamasi menunjukkan bahwa kerusakan geologi akibat aktivitas manusia dapat diperbaiki dengan komitmen yang kuat.

Prinsip keempat adalah pendidikan dan pemberdayaan masyarakat. Geologi lingkungan tidak dapat mencapai

keberlanjutan tanpa partisipasi aktif dari komunitas lokal. Di wilayah rawan bencana seperti Aceh, program edukasi tentang bahaya tsunami dan longsor telah meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat. Pendekatan ini mengintegrasikan pengetahuan ilmiah dengan kearifan lokal, seperti penggunaan tanda-tanda alam untuk memprediksi bencana. Dengan melibatkan masyarakat, prinsip keberlanjutan menjadi lebih aplikatif dan relevan dalam kehidupan sehari-hari.

Terakhir, keberlanjutan dalam geologi lingkungan menekankan pentingnya kolaborasi interdisipliner. Tantangan seperti perubahan iklim atau polusi air tanah tidak dapat diselesaikan oleh geologi saja, tetapi membutuhkan kerja sama dengan ilmu ekologi, teknik, dan kebijakan publik. Pendekatan ini terlihat dalam pengelolaan DAS (Daerah Aliran Sungai) Ciliwung, di mana geolog, ahli hidrologi, dan pemerintah bekerja sama untuk mengurangi banjir dan meningkatkan kualitas air. Dengan menggabungkan ilmu dan nilai, prinsip keberlanjutan menjadi fondasi untuk hubungan harmonis antara manusia dan bumi.

Bab 2

Esensi Ekoteologi

In different ways, each of us has a calling, is being summoned to put our talents, passion, and insights into planetary well-being (McFaggue)

Definisi dan Sejarah Perkembangan Ekoteologi

Ekoteologi adalah disiplin teologi yang memadukan refleksi spiritual dengan kepedulian terhadap lingkungan alam, bertujuan untuk memahami hubungan antara Tuhan, manusia, dan ciptaan dalam konteks krisis ekologis modern. Secara harfiah, istilah ini berasal dari kata Yunani *oikos* (rumah atau lingkungan) dan *theos* (Tuhan), sehingga ekoteologi dapat didefinisikan sebagai studi tentang bagaimana keyakinan agama membentuk sikap manusia terhadap alam dan bagaimana nilai-nilai spiritual dapat digunakan untuk mengatasi degradasi lingkungan. Ekoteologi tidak hanya berfokus pada analisis teoretis, tetapi juga pada panggilan praktis untuk bertindak demi pelestarian bumi. Dalam konteks ini, ekoteologi muncul sebagai respons terhadap tantangan global seperti perubahan iklim, polusi, dan hilangnya keanekaragaman hayati, yang tidak hanya dipandang sebagai masalah teknis tetapi juga sebagai krisis moral dan spiritual yang mendalam.

Sejarah perkembangan ekoteologi memiliki akar yang panjang dalam berbagai tradisi keagamaan, tetapi sebagai disiplin formal,

ekoteologi mulai terbentuk pada abad ke-20, khususnya sejak pertengahan 1960-an. Salah satu pemicu utamanya adalah artikel kontroversial karya Lynn White Jr. pada 1967, "*The Historical Roots of Our Ecologic Crisis*", yang diterbitkan di jurnal Science. White menuding tradisi Judeo-Kristen—terutama interpretasi teks Kejadian 1:28 tentang dominasi manusia atas alam—sebagai penyebab utama eksploitasi lingkungan di Barat. Kritik ini memicu perdebatan sengit di kalangan teolog, yang kemudian melahirkan respons konstruktif dari tokoh seperti John Cobb Jr. dan Jürgen Moltmann. Cobb, misalnya, mengusulkan teologi proses yang memandang Tuhan dan ciptaan dalam hubungan dinamis, sementara Moltmann menekankan teologi harapan yang mencakup pemulihan alam. Peristiwa ini menjadi titik balik yang menandai lahirnya ekoteologi sebagai gerakan intelektual dan spiritual.

Pada dekade 1970-an dan 1980-an, ekoteologi berkembang lebih luas seiring dengan munculnya gerakan lingkungan global. Teolog feminis seperti Sallie McFague memperkenalkan metafora "bumi sebagai tubuh Tuhan," yang menantang pandangan dualistik antara roh dan materi, serta mengajak umat beragama untuk melihat alam sebagai bagian dari realitas ilahi. Di Amerika Latin, Leonardo Boff mengintegrasikan ekoteologi dengan Teologi Pembebasan, menghubungkan pelestarian lingkungan dengan perjuangan melawan kemiskinan dan ketidakadilan sosial. Sementara itu, di luar Kristen, pemikir Islam seperti Seyyed Hossein Nasr mengembangkan ekoteologi berbasis *tawhid* (keesaan Tuhan), yang menegaskan bahwa alam adalah cerminan kebesaran Tuhan yang harus dijaga. Perkembangan ini menunjukkan bahwa ekoteologi tidak terbatas pada satu tradisi,

tetapi menjadi gerakan lintas agama yang responsif terhadap konteks lokal dan global.

Memasuki abad ke-21, ekoteologi semakin mendapat tempat dalam wacana keagamaan dan publik, terutama setelah terbitnya ensiklik *Laudato Si'* oleh Paus Fransiskus pada 2015. Dokumen ini, yang diterbitkan oleh Vatikan, menyerukan “ekologi integral” yang menggabungkan dimensi spiritual, sosial, dan lingkungan dalam satu kerangka holistik. *Laudato Si'* tidak hanya ditujukan kepada umat Katolik, tetapi kepada seluruh umat manusia, menegaskan bahwa krisis lingkungan adalah panggilan bersama untuk pertobatan ekologis. Publikasi ini memicu gelombang baru dalam ekoteologi, mendorong gereja-gereja di seluruh dunia untuk mengambil tindakan nyata, seperti mengurangi jejak karbon atau mendukung konservasi. Di sisi lain, dialog antaragama juga semakin intensif, dengan forum seperti *Parliament of the World's Religions* yang secara rutin membahas isu lingkungan sejak 1993.

Di Indonesia, ekoteologi mulai berkembang seiring dengan meningkatnya kesadaran akan tantangan lingkungan lokal, seperti banjir, longsor, dan kerusakan hutan. Gereja-gereja Kristen, masjid, dan pura telah menjadi pusat gerakan ekologis berbasis iman. Misalnya, Gereja Kristen Jawa (GKJ) di Yogyakarta meluncurkan program penanaman pohon untuk mengatasi erosi, sementara komunitas Hindu di Bali mengandalkan *Tri Hita Karana* untuk melestarikan sistem subak yang ramah lingkungan. Selain itu, kearifan lokal dari agama-agama pribumi, seperti penghormatan terhadap gunung dan sungai oleh suku-suku di Papua, turut memperkaya wacana ekoteologi. Dengan demikian, ekoteologi di Indonesia mencerminkan sintesis antara tradisi global dan nilai-nilai lokal yang beragam.

Secara keseluruhan, ekoteologi telah berevolusi dari sekadar kritik terhadap eksploitasi alam menjadi kerangka teologis yang proaktif dan inklusif. Ia menawarkan lensa spiritual untuk memahami krisis lingkungan sekaligus menginspirasi tindakan kolektif. Dalam buku ini, ekoteologi diposisikan sebagai pendamping geologi lingkungan, di mana ilmu pengetahuan dan iman bekerja bersama untuk membangun kesadaran ekologis yang mendalam dan berkelanjutan.

Perspektif Tradisi Keagamaan tentang Lingkungan

Setiap tradisi keagamaan memiliki pandangan unik tentang hubungan manusia dengan lingkungan, yang menjadi fondasi bagi ekoteologi lintas budaya. Dalam tradisi Kristen, hubungan ini sering kali dirujuk pada narasi penciptaan dalam Kejadian 1:28, di mana manusia diberi mandat untuk “berkuasa” atas bumi. Namun, interpretasi modern menekankan bahwa “kuasa” ini bukan lisensi untuk mengeksploitasi, melainkan panggilan untuk penatalayanan (*stewardship*). Ensiklik *Laudato Si'* (2015) oleh Paus Fransiskus, memperkuat pandangan ini dengan mengajak umat untuk merawat “rumah bersama” kita, menegaskan bahwa ciptaan adalah anugerah Tuhan yang mencerminkan kemuliaan-Nya. Dalam Mazmur 24:1, dikatakan bahwa “bumi adalah milik Tuhan,” sehingga manusia hanya bertindak sebagai pengelola, bukan pemilik mutlak.

Tradisi Islam menawarkan perspektif ekologis melalui konsep khalifah (wakil Tuhan di bumi), yang tercermin dalam Al-Qur'an (QS. Al-Baqarah: 30). Sebagai khalifah, manusia memiliki tanggung jawab untuk menjaga keseimbangan alam (*mizan*), sebagaimana diperingatkan dalam QS. Ar-Rum: 41 bahwa “kerusakan di darat dan di laut disebabkan oleh tangan manusia.”

Pemikir seperti Seyyed Hossein Nasr menegaskan bahwa alam adalah ayat (tanda-tanda) kebesaran Tuhan, sehingga merusaknya berarti mengabaikan kehadiran ilahi. Secara historis, tradisi Islam menunjukkan komitmen ekologis melalui praktik seperti hima (kawasan konservasi) di masa Kekhalifahan, yang melindungi sumber daya alam untuk kepentingan bersama. Pandangan ini menjadikan pelestarian lingkungan sebagai bentuk ibadah.

Dalam Hindu, hubungan manusia dan alam didasarkan pada konsep dharma (kewajiban kosmik) yang mencakup harmoni dengan lingkungan. Dalam Bhagavad Gita (3:10-11), alam dipandang sebagai manifestasi dari Krishna, yang menyediakan kebutuhan manusia asalkan mereka hidup selaras dengannya. Sungai Gangga, misalnya, bukan hanya sumber air tetapi juga entitas suci yang dihormati melalui ritual. Di Bali, *Tri Hita Karana*—harmonisasi antara manusia, alam, dan Tuhan—menjadi pedoman hidup yang tercermin dalam Sistem Subak, sebuah metode irigasi tradisional yang telah diakui UNESCO sebagai warisan dunia. Sistem ini menunjukkan bagaimana Hindu mengintegrasikan spiritualitas dengan pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan.

Agama Buddha memandang lingkungan melalui lensa *pratityasamutpada* (saling ketergantungan – sebab-akibat), yang menyatakan bahwa semua makhluk hidup dan alam saling terhubung dalam jaringan kehidupan. Dalam *Dhammapada* (ayat 5), Buddha mengajarkan untuk menghindari kebencian dan kekerasan, yang dapat diperluas ke dalam sikap *welas asih* terhadap alam. Di Thailand, terdapat sebuah gerakan ekologis dengan “menahbiskan” pohon sebagai simbol perlindungan hutan, sebuah praktik yang menggabungkan ajaran Buddha

dengan kesadaran ekologis. Pendekatan ini menunjukkan bahwa Buddha tidak hanya menawarkan filosofi, tetapi juga solusi konkret.

Agama-agama pribumi, termasuk animisme di Indonesia, memandang alam sebagai entitas hidup yang memiliki roh atau kekuatan spiritual. Suku Dayak di Kalimantan, misalnya, mengelola tembawang—hutan buatan yang ditanami berbagai spesies untuk kebutuhan hidup—sebagai wujud penghormatan terhadap leluhur dan alam. Sungai dan gunung sering dianggap suci, sehingga eksploitasi berlebihan dianggap tabu. Di Papua, suku Amungme memandang gunung Grasberg sebagai tempat tinggal roh leluhur, yang kini terancam oleh pertambangan. Pandangan ini menawarkan kritik terhadap modernitas yang materialistis sekaligus menginspirasi model keberlanjutan berbasis komunitas.

Tradisi ini menunjukkan bahwa meskipun berbeda dalam teologi dan praktik, ada benang merah dalam pandangan keagamaan tentang lingkungan: alam bukan sekadar sumber daya, tetapi bagian dari tatanan kosmik yang suci. Di Indonesia, keragaman agama ini menciptakan potensi besar untuk dialog ekoteologi antaragama, seperti yang terlihat dalam inisiatif lintas iman untuk menangani sampah plastik atau rehabilitasi hutan *mangrove*. Dengan demikian, perspektif berbagai tradisi keagamaan memperkaya ekoteologi sebagai gerakan global yang relevan bagi krisis lingkungan saat ini.

Prinsip Ekoteologi Kristen dalam Hubungan Manusia dan Alam

Ekoteologi Kristen (selanjutnya disebut ekoteologi) berakar pada teologi ciptaan yang menegaskan bahwa bumi adalah karya Tuhan yang “sangat baik” (Kejadian 1:31), sehingga manusia memiliki tanggung jawab moral dan spiritual untuk menjaganya. Prinsip pertama adalah *stewardship* (penatalayanan), yang berasal dari Kejadian 2:15, di mana manusia diperintahkan untuk “mengolah dan memelihara” taman Eden. Douglas Moo menjelaskan bahwa penatalayanan ini bukan dominasi sewenang-wenang, melainkan tugas suci untuk melindungi keanekaragaman hayati dan menjaga keseimbangan ekosistem. Dalam konteks modern, ini berarti umat Kristen dipanggil untuk mengatasi deforestasi, polusi, dan eksploitasi sumber daya dengan sikap rendah hati dan bertanggung jawab.

Prinsip kedua adalah keadilan ciptaan, yang menghubungkan kesejahteraan manusia dengan kesehatan alam. Roma 8:19-22 menggambarkan ciptaan yang “mengerang” akibat dosa manusia, termasuk kerusakan lingkungan. Steven Bouma-Prediger menegaskan bahwa keadilan ciptaan mencakup komitmen untuk melindungi kaum miskin, yang paling rentan terhadap dampak krisis lingkungan seperti banjir atau kekeringan. Dalam konteks Indonesia, misalnya, banjir di Jakarta sering kali menghancurkan permukiman warga pinggir, menunjukkan bahwa pelestarian alam adalah bagian dari panggilan Kristen untuk mengasihi sesama.

Prinsip ketiga adalah inkarnasi dan sakralitas ciptaan. Yohanes 1:14 menyatakan bahwa “Firman telah menjadi daging,” menegaskan

bahwa materi—termasuk alam—adalah sarana kehadiran Tuhan. Sallie McFague mengusulkan metafora “bumi sebagai tubuh Tuhan,” yang mengajak umat Kristen untuk memperlakukan alam dengan hormat, bukan sebagai komoditas. Dalam praktiknya, hal ini dapat berarti menolak konsumsi berlebihan atau mendukung energi terbarukan sebagai wujud penghormatan terhadap ciptaan. Pandangan ini menantang sikap utilitarian yang mereduksi alam menjadi alat bagi kepentingan manusia.

Prinsip keempat adalah eskatologi ekologis, yang memandang masa depan bumi dalam terang penebusan Tuhan. Wahyu 21:1 berbicara tentang “langit baru dan bumi baru,” yang oleh N.T. Wright diartikan sebagai pembaruan ciptaan, bukan penghancurannya. Ini memberikan harapan bahwa kerja manusia untuk memulihkan lingkungan—seperti menanam pohon atau membersihkan sungai—selaras dengan rencana Tuhan. Dalam konteks gereja Indonesia, inisiatif seperti “gereja hijau” mencerminkan keyakinan bahwa tindakan ekologis adalah bagian dari misi eskatologis Kristen.

Prinsip kelima adalah komunitas ciptaan, yang menempatkan manusia sebagai bagian dari jaringan kehidupan yang lebih besar. Mazmur 104 menggambarkan Tuhan yang memelihara semua makhluk—dari manusia hingga burung dan binatang liar—menunjukkan bahwa manusia tidak berdiri di atas ciptaan, tetapi di dalamnya. Richard Bauckham berargumen bahwa prinsip ini menuntut kerendahan hati dan kekaguman terhadap alam, menolak *antropocentrisme* yang merusak. Dalam kehidupan sehari-hari, prinsip ini dapat diterjemahkan ke dalam gaya hidup sederhana, seperti mengurangi sampah plastik atau mendukung pertanian berkelanjutan.

Kelima prinsip ini saling berkaitan dan membentuk kerangka ekoteologi Kristen yang holistik. Dalam konteks Indonesia, prinsip-prinsip ini relevan karena tantangan lingkungan seperti erosi tanah di pegunungan atau polusi sungai di perkotaan membutuhkan respons yang tidak hanya teknis, tetapi juga spiritual. Gereja dapat menjadi agen perubahan dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip ini dalam khotbah, pendidikan, dan aksi sosial, sehingga umat Kristen tidak hanya menjadi penutur iman, tetapi juga pelaku penatalayanan ciptaan.

Relevansi Ekoteologi dalam Menghadapi Krisis Lingkungan

Ekoteologi memiliki relevansi mendalam dalam menghadapi krisis lingkungan karena menawarkan dimensi spiritual yang melengkapi solusi ilmiah, mengubah sikap manusia dari eksploitasi menjadi penatalayanan. Salah satu kontribusi utamanya adalah mendorong pertobatan ekologis, sebagaimana diserukan dalam *Laudato Si'* oleh Paus Fransiskus. Dokumen ini mengajak umat Kristen untuk mengakui dosa terhadap ciptaan—seperti polusi dan deforestasi—dan beralih ke gaya hidup yang berkelanjutan. Di Indonesia, gereja-gereja telah merespons dengan kampanye seperti “*Season of Creation*,” yang mengedukasi jemaat tentang dampak karbon dan pentingnya pelestarian hutan.

Kedua, ekoteologi relevan karena menghubungkan krisis lingkungan dengan keadilan sosial, sebuah prinsip yang ditekankan dalam teologi penatalayanan. Di Indonesia, bencana seperti banjir di Jakarta atau longsor di Sumatera sering kali paling parah melanda komunitas miskin, yang tidak memiliki akses ke infrastruktur memadai. Gereja dapat memainkan peran dengan mengadvokasi kebijakan lingkungan yang inklusif, seperti

rehabilitasi daerah aliran sungai, serta memberikan bantuan langsung kepada korban bencana. Ini mencerminkan panggilan Kristen untuk mengasihi sesama, sebagaimana diajarkan dalam Matius 25:40.

Ketiga, ekoteologi menawarkan harapan di tengah keputusan ekologis melalui perspektif eskatologisnya. Dalam Wahyu 21:5, Tuhan berjanji untuk “menjadikan segala sesuatu baru,” yang menginspirasi umat Kristen untuk bekerja menuju pemulihan bumi. Gereja-gereja di Indonesia, misalnya, telah menanam pohon untuk mencegah erosi dan banjir, menunjukkan bahwa iman dapat diterjemahkan ke dalam tindakan nyata. Harapan ini penting karena krisis lingkungan sering kali membuat orang merasa putus asa; ekoteologi Kristen mengingatkan bahwa setiap langkah kecil adalah bagian dari rencana penebusan Tuhan.

Keempat, ekoteologi relevan karena mampu membangun komunitas ekologis yang aktif. Gereja sebagai tubuh Kristus memiliki potensi untuk memobilisasi jutaan umat dalam gerakan lingkungan. Di Indonesia, program “gereja hijau” telah diadopsi oleh beberapa denominasi, seperti Gereja Protestan di Indonesia Barat (GPIB), yang mengajarkan jemaat untuk mengurangi sampah plastik dan mengelola limbah dengan bijaksana. Khotbah mingguan juga menjadi sarana untuk menyuarakan pesan ekologis, seperti pentingnya hidup sederhana atau mendukung energi terbarukan, sehingga iman menjadi katalis perubahan perilaku.

Kelima, ekoteologi relevan karena mendorong dialog dengan ilmu pengetahuan, khususnya geologi lingkungan, untuk menghadapi krisis secara holistik. Dengan mengakui bahwa ciptaan adalah karya Tuhan yang dapat dipelajari secara empiris, gereja dapat

berkolaborasi dengan ilmuwan untuk mendukung proyek seperti geopark atau konservasi berbasis komunitas. Sinergi dalam memandang lingkungan ini menunjukkan bahwa iman dan ilmu tidak bertentangan, melainkan saling melengkapi.

Dalam konteks global, ekoteologi juga relevan karena memberikan suara profetik melawan eksploitasi korporat dan konsumerisme. Gereja dapat mengkritik praktik seperti pertambangan ilegal atau pembuangan limbah yang merusak ekosistem, sekaligus menawarkan alternatif berbasis nilai-nilai injili. Di Indonesia, tantangan seperti pencemaran Sungai Citarum atau hilangnya hutan Kalimantan menunjukkan bahwa ekoteologi Kristen tidak hanya relevan, tetapi juga mendesak untuk menggerakkan perubahan sistemik demi masa depan yang berkelanjutan.

Bagian II

NARASI Ciptaan



Bab 3

Sejarah Bumi dalam Narasi Geologi

The Present is Key to the Past (James Hutton)

Evolusi Geologi Bumi: Pembentukan hingga Antroposen

Sejarah geologi bumi dimulai sekitar 4,54 miliar tahun lalu, ketika materi dari nebula matahari menggumpal membentuk planet kita melalui proses akresi. Dalam perspektif geologi lingkungan, tahap awal ini ditandai oleh pendinginan kerak bumi dan munculnya lautan pertama, sebuah proses yang membentuk fondasi kehidupan. Bukti dari batuan tertua, seperti zirkon di Australia Barat yang berusia 4,4 miliar tahun, menunjukkan bahwa bumi mulai stabil secara geologi pada Kurun (*Eon*) Hadean. Ini adalah babak pembuka narasi bumi, jauh sebelum manusia ada.

Kurun berikutnya, Arkean dan Proterozoikum, menyaksikan evolusi geologi yang dramatis, termasuk pembentukan benua pertama melalui aktivitas tektonik lempeng. Proses ini, yang dimulai sekitar 3 miliar tahun lalu, menghasilkan kraton—blok stabil dari kerak benua—yang menjadi dasar lanskap modern. Oksigenasi atmosfer besar (*Great Oxygenation Event*) sekitar 2,4 miliar tahun lalu, akibat aktivitas mikroba fotosintetik, mengubah komposisi kimia bumi, memungkinkan kehidupan kompleks

berkembang. Narasi ini mencerminkan dinamika alam yang lambat namun transformatif.

Pada Kurun Fanerozoikum, mulai 541 juta tahun lalu, bumi mengalami ledakan kehidupan dan perubahan geologi besar, seperti pembentukan superkontinen Pangea dan siklus glasial. Fosil dari Zaman Kambrium menunjukkan diversifikasi organisme, sementara peristiwa kepunahan massal—seperti yang terjadi di akhir Permian 252 juta tahun lalu—mengubah ekosistem global. Geologi lingkungan mempelajari jejak ini untuk memahami resiliensi bumi, dengan data isotop karbon mengungkap fluktuasi iklim masa lalu. Ini adalah cerita tentang adaptasi dan kehancuran alami.

Masuk ke Masa (*Era*) Kenozoikum (66 juta tahun lalu hingga sekarang), bumi membentuk lanskap yang kita kenali hari ini, dengan gunung seperti Himalaya terangkat akibat tumbukan lempeng India dan Eurasia. Perubahan iklim alami, seperti zaman es Pleistosen, membentuk dataran rendah dan lembah sungai. Studi stratigrafi menunjukkan bahwa proses ini membutuhkan jutaan tahun, kontras dengan percepatan perubahan di era manusia. Narasi geologi mulai bergeser dengan kehadiran manusia.

Antroposen, yang diusulkan sebagai Kala (*Epoch*) baru sejak pertengahan abad ke-20, menandai puncak evolusi geologi yang dipengaruhi manusia. Aktivitas seperti pembangunan bendungan, ekstraksi mineral, dan emisi karbon telah meninggalkan lapisan sedimen baru—plastik, beton, dan isotop radioaktif dari uji nuklir. Di Indonesia, reklamasi pantai di Teluk Jakarta menciptakan lanskap buatan yang akan menjadi bagian dari catatan geologi

masa depan. Ini adalah bab terbaru dalam narasi bumi, di mana manusia menjadi protagonis.

Evolusi ini menunjukkan bahwa bumi adalah entitas dinamis yang terus berubah, dari proses alami hingga intervensi antropogenik. Geologi lingkungan menawarkan lensa untuk membaca cerita ini, mengungkap bagaimana masa lalu membentuk masa kini dan masa depan.

Catatan Geologi sebagai “Cerita” Proses Alam

Catatan geologi adalah “cerita” proses alam yang terekam dalam lapisan batuan, fosil, dan mineral, memberikan wawasan tentang sejarah bumi selama miliaran tahun. Stratigrafi, ilmu yang mempelajari urutan lapisan ini, mengungkap narasi tentang perubahan iklim, tektonik, dan kehidupan. Batuan sedimen di Grand Canyon, misalnya, menceritakan kisah erosi dan sedimentasi selama ratusan juta tahun, sementara inti es Antartika menyimpan data iklim dari 800.000 tahun lalu.

Fosil menjadi bab penting dalam cerita ini, mendokumentasikan evolusi kehidupan dari organisme sederhana hingga spesies kompleks. Trilobit dari Zaman Kambrium atau dinosaurus dari Mesozoikum adalah “tokoh” dalam narasi geologi, menunjukkan bagaimana bumi mendukung kehidupan sebelum manusia. Data isotop oksigen dalam fosil laut mengungkap suhu laut masa lalu, memperkaya pemahaman kita tentang dinamika ekologis.

Batuan beku dan malihan (metamorf) juga berkontribusi pada narasi ini. Pegunungan Himalaya, yang terbentuk dari batuan metamorf akibat tekanan tektonik, menceritakan proses pembentukan gunung selama 50 juta tahun. Sementara itu, lava

basaltik di Islandia mencerminkan aktivitas vulkanik yang terus memperbarui kerak bumi. Analisis geokimia menunjukkan bahwa proses ini saling terkait dengan siklus karbon global.

Catatan geologi juga mencakup peristiwa dramatis, seperti kepunahan massal. Lapisan iridium di batas K-T (66 juta tahun lalu) menandai tabrakan asteroid yang memusnahkan dinosaurus, sebuah klimaks dalam narasi bumi. Studi geologi lingkungan menunjukkan bahwa peristiwa ini memengaruhi iklim dan evolusi spesies, dengan bukti dari sedimen laut dan darat. Cerita ini mengajarkan tentang kerentanan dan pemulihan alam.

Di era Antroposen, catatan geologi mulai mencerminkan aktivitas manusia sebagai bagian dari narasi. Endapan plastik di dasar laut atau lapisan abu dari revolusi industri adalah “paragraf” baru yang ditulis manusia. Di Indonesia, sedimentasi akibat deforestasi di Kalimantan menambah bab antropogenik dalam cerita ini, dengan data menunjukkan peningkatan erosi sejak abad ke-20. Geologi menjadi cermin yang merefleksikan jejak kita.

Narasi ini bukan hanya sejarah, tetapi pelajaran tentang bagaimana bumi berfungsi. Catatan geologi mengajarkan bahwa proses alam bersifat siklik dan tangguh. Namun, intervensi manusia mempercepat dan mengubah alur cerita.

Kehadiran Manusia dalam Skala Waktu Geologi

Skala waktu geologi, yang membentang miliaran tahun, kontras tajam dengan aktivitas manusia yang berlangsung dalam hitungan abad atau dekade, namun keduanya saling terhubung dalam narasi bumi. Geologi mengukur waktu dalam kurun, masa, dan zaman—misalnya, Kurun Fanerozoikum yang berlangsung 541

juta tahun—berdasarkan perubahan besar seperti kepunahan atau tektonik. Aktivitas manusia, meski singkat, kini cukup signifikan untuk memengaruhi skala ini, terutama di Antroposen. Ini adalah paradoks waktu yang unik.

Dalam skala geologi, proses seperti pembentukan Pegunungan Alpen (30-50 juta tahun) atau siklus Milankovitch yang mengatur zaman es (puluhan ribu tahun) menunjukkan ritme lambat alam. Sebaliknya, manusia mengubah lanskap dalam waktu singkat—misalnya, pembangunan Bendungan Aswan di Mesir dalam satu dekade mengganggu siklus sedimen Sungai Nil yang biasanya berlangsung ribuan tahun. Studi geologi lingkungan mencatat bahwa intervensi ini menciptakan perubahan yang akan terdeteksi dalam catatan masa depan. Aktivitas manusia mempercepat waktu geologi.

Hubungan ini juga terlihat dalam perubahan iklim. Siklus karbon alami, yang diatur oleh pelapukan batuan selama jutaan tahun, kini diganggu oleh emisi karbon manusia sejak Revolusi Industri. Di Indonesia, pembakaran lahan gambut untuk pertanian melepaskan karbon yang tersimpan selama ribuan tahun dalam hitungan hari, sebuah kontras mencolok dengan skala geologi. Ini menunjukkan bagaimana manusia “memampatkan” waktu alam.

Namun, skala waktu geologi juga memberikan konteks untuk memahami dampak manusia. Lapisan batuan yang merekam kepunahan massal—misalnya di akhir Permian—membutuhkan jutaan tahun untuk terbentuk, tetapi aktivitas manusia seperti deforestasi di Amazon atau polusi laut kini menciptakan jejak serupa dalam beberapa generasi. Geologi lingkungan memperkirakan bahwa endapan antropogenik akan menjadi bagian permanen dari narasi bumi.

Di sisi lain, aktivitas manusia dapat belajar dari skala waktu geologi. Proses pemulihan ekosistem pasca-kepunahan, yang memakan waktu jutaan tahun, menunjukkan bahwa kerusakan lingkungan saat ini—seperti hilangnya terumbu karang di Indonesia—mungkin tidak dapat dipulihkan dalam skala waktu manusia. Studi paleontologi menegaskan bahwa resiliensi bumi bersifat jangka panjang, bukan instan. Ini adalah peringatan bagi kita. Hubungan-hubungan ini menggarisbawahi bahwa meskipun manusia beroperasi dalam waktu singkat, dampaknya bersifat abadi dalam skala geologi, mendorong kita untuk bertindak dengan kesadaran yang lebih dalam. Konsekuensi yang akan kita terima menuntut waktu yang jauh lebih panjang dibandingkan waktu yang kita gunakan untuk “merusak” bumi ini.

Implikasi Ilmiah untuk Kesadaran Ekologis

Narasi geologi bumi memiliki implikasi ilmiah yang mendalam untuk membangun kesadaran ekologis, menawarkan pelajaran tentang keterbatasan dan tanggung jawab manusia. Sejarah geologi mengajarkan bahwa bumi bersifat dinamis namun rentan—kepunahan massal seperti yang terjadi 66 juta tahun lalu menunjukkan bahwa ekosistem bisa runtuh jika tekanan melebihi ambang batas. Geologi lingkungan menggunakan data ini untuk memperingatkan bahwa aktivitas manusia kini mendekati titik kritis serupa. Ini adalah panggilan untuk bertindak.

Salah satu implikasi utama adalah kesadaran akan siklus sumber daya. Siklus karbon, yang mengikat CO₂ dalam batuan selama jutaan tahun, kini terganggu oleh emisi antropogenik, meningkatkan risiko perubahan iklim. Di Indonesia, kebakaran hutan gambut mempercepat pelepasan karbon, menunjukkan

bahwa pemahaman geologi dapat mendorong kebijakan pengelolaan lahan yang lebih bijaksana. Ilmu ini mengajak kita untuk menghormati ritme alam.

Geologi juga mengungkap resiliensi bumi, yang dapat menginspirasi upaya konservasi. Pemulihan ekosistem pasca-kepunahan membutuhkan waktu lama, tetapi menunjukkan bahwa alam memiliki kapasitas untuk pulih jika diberi kesempatan. Suksesi ekologi di kawasan vulkanik seperti Krakatau di Indonesia menegaskan bahwa vegetasi dapat kembali dalam ratusan tahun, asalkan intervensi manusia diminimalkan. Atau masih segar di ingatan kita, dampak masa istirahat bumi selama pandemi Covid-19 berlangsung. Perlu kesabaran untuk memberi waktu bumi memulihkan dirinya.

Implikasi lain adalah perlunya perspektif jangka panjang. Skala waktu geologi mengingatkan bahwa dampak manusia—seperti polusi plastik di laut—akan bertahan ribuan tahun, mendesak kita untuk mengurangi jejak ekologis. Di Teluk Jakarta, studi sedimen menunjukkan akumulasi mikroplastik yang akan menjadi bagian dari catatan geologi, sebuah pelajaran untuk mengubah pola konsumsi. Kesadaran semacam ini bersifat preventif.

Terakhir, narasi geologi mendorong kolaborasi ilmiah dan sosial untuk keberlanjutan. Data geologi tentang perubahan masa lalu—seperti glasiasi—dapat memandu model iklim masa depan, sementara kesadaran akan Antroposen menuntut aksi kolektif. Di Indonesia, geopark seperti Gunung Sewu menjadi contoh bagaimana ilmu geologi dapat meningkatkan edukasi ekologis masyarakat. Narasi ini adalah jembatan antara ilmu dan tindakan.

Narasi geologi, dengan demikian, bukan hanya cerita masa lalu, tetapi panduan untuk masa depan, memperkuat kesadaran ekologis melalui pemahaman ilmiah yang mendalam.

Bab 4

Makna Spiritual Ciptaan dalam Ekoteologi

In the beginning, God created heavens and earth (Genesis 1:1)

Narasi Penciptaan dan Kejatuhan

Dalam tradisi Kristen, narasi teologis tentang penciptaan dimulai dengan Kejadian 1, di mana Tuhan menciptakan dunia dalam enam hari dan menyatakannya “sangat baik” (Kejadian 1:31). Ekoteologi memandang kisah ini sebagai fondasi spiritual yang menegaskan nilai intrinsik ciptaan, bukan sekadar alat untuk manusia. Penciptaan adalah tindakan kasih Tuhan yang mencerminkan kemuliaan-Nya, dan manusia diberi peran sebagai penatalayanan (*stewardship*) untuk “mengolah dan memelihara” (Kejadian 2:15). Teolog seperti Walter Brueggemann menekankan bahwa narasi ini menempatkan manusia dalam hubungan harmonis dengan alam, bukan dominasi.

Namun, narasi berubah ketika kejatuhan manusia dalam Kejadian 3, saat dosa manusia—ditandai dengan ketidaktaatan Adam dan Hawa—mengganggu harmoni tersebut. Tanah “terkutuk” (Kejadian 3:17), dan hubungan manusia dengan ciptaan menjadi penuh konflik. Ekoteologi Kristen melihat kejatuhan sebagai akar

krisis lingkungan modern, di mana keserakahan dan eksploitasi menggantikan penatalayanan.

Narasi penciptaan dan kejatuhan juga mencakup dimensi kosmik, sebagaimana dijelaskan dalam Roma 8:19-22, di mana ciptaan “mengerang” menanti pembebasan dari “perbudakan kebinasaan.” Ekoteologi menafsirkan ini sebagai seruan bahwa dosa manusia tidak hanya memengaruhi hubungan dengan Tuhan, tetapi juga dengan alam. Jürgen Moltmann mengusulkan bahwa kejatuhan menciptakan “luka kosmik” yang membutuhkan penebusan, sebuah tema yang relevan di Indonesia, di mana eksploitasi hutan mencerminkan kerusakan hubungan ini.

Penebusan menjadi bagian integral dari narasi ini, dengan Kristus sebagai “Adam kedua” yang memulihkan ciptaan (1 Korintus 15:22). Ekoteologi Kristen menegaskan bahwa salib dan kebangkitan tidak hanya menyelamatkan manusia, tetapi juga seluruh ciptaan, menuju “langit baru dan bumi baru” (Wahyu 21:1). Norman Wirzba menekankan bahwa visi eskatologis ini mendorong umat Kristen untuk merawat bumi sebagai tindakan iman, sementara Celia Deane-Drummond melihatnya sebagai panggilan etis untuk melawan kerusakan lingkungan.

Di Indonesia, narasi ini relevan dalam konteks krisis ekologis seperti banjir akibat urbanisasi. Gereja diajak merefleksikan kejatuhan manusia dalam dosa sebagai pengingat untuk kembali ke panggilan awal penciptaan. Habel mencatat bahwa narasi teologis ini bukan hanya cerita masa lalu, tetapi panduan untuk bertindak di masa kini, mendorong pertobatan ekologis yang mengembalikan harmoni dengan ciptaan.

Alam sebagai Tanda Kehadiran Tuhan

Dalam tradisi Kristen, alam dipandang sebagai tanda kehadiran Tuhan, mencerminkan kemuliaan dan kebijaksanaan-Nya. Mazmur 19:1 menyatakan, “Langit menceritakan kemuliaan Allah,” menunjukkan bahwa ciptaan adalah teofani—penampakan ilahi yang mengundang kekaguman. Ekoteologi Kristen menegaskan bahwa gunung, sungai, dan hutan bukan sekadar sumber daya, tetapi sakramen alami yang mengarahkan manusia kepada Pencipta. Elizabeth Johnson menggambarkan alam sebagai “cermin Tuhan,” sementara David Brown melihatnya sebagai media komunikasi ilahi.

Narasi ini diperkuat oleh tradisi teologi alamiah (*natural theology*), yang berpendapat bahwa ciptaan mengungkap karakter Tuhan. Dalam Roma 1:20, Paulus menulis bahwa “kuasa dan keilahian-Nya” terlihat melalui apa yang diciptakan. Ekoteologi memperluas pandangan ini, menekankan bahwa keindahan alam—seperti terumbu karang Raja Ampat—adalah undangan untuk memuji Tuhan. Holmes Rolston III berargumen bahwa keanekaragaman hayati adalah tanda kasih Tuhan, sementara Lisa Sideris menyoroti bahwa kerusakan alam melemahkan pengalaman spiritual ini.

Alam juga dilihat sebagai mitra ibadah dalam tradisi Kristen. Mazmur 148 menggambarkan matahari, bulan, bintang, bahkan binatang memuji Tuhan bersama manusia, sebuah tema yang dihidupkan kembali oleh ekoteologi. Di Indonesia, gereja-gereja di pedesaan sering mengadakan misa dan kebaktian di alam terbuka (semacam ibadah padang), mengakui ciptaan sebagai bagian dari komunitas iman. Denis Edwards menekankan bahwa alam memiliki “suara” spiritual, sementara Brown mencatat

bahwa tradisi Kristen awal merayakan hubungan ini melalui liturgi.

Namun, tanda kehadiran Tuhan ini terancam oleh kerusakan lingkungan. Polusi Sungai Ciliwung atau longsor akibat deforestasi di Jawa mengaburkan kemuliaan ciptaan, menurut ekoteologi, mencerminkan kegagalan manusia untuk menghormati kehadiran ilahi. Johnson menyerukan pemulihan alam sebagai tindakan devosi, sementara Rolston memperingatkan bahwa eksploitasi adalah “penutupan mata” terhadap tanda-tanda Tuhan.

Secara praktis, pengakuan ini mendorong umat Kristen untuk melindungi alam sebagai wujud ibadah. Inisiatif, seperti penanaman pohon oleh gereja misalnya, mencerminkan upaya untuk memelihara tanda-tanda ilahi ini. Sideris dan Brown menegaskan bahwa melihat alam sebagai sakral dapat mengubah sikap konsumtif menjadi penghormatan.

Refleksi Ekoteologi terhadap Keajaiban dan Kerentanan Bumi

Ekoteologi merefleksikan keajaiban bumi sebagai ciptaan yang mencerminkan kebesaran Tuhan, sekaligus kerentanannya akibat dosa manusia. Keajaiban ini terlihat dalam kompleksitas ekosistem, seperti hutan hujan Kalimantan yang menyokong ribuan spesies, atau siklus air yang menghidupi kehidupan. Teilhard de Chardin, dalam interpretasi modern, melihat bumi sebagai “misteri ilahi” yang terus terungkap, sementara Barbara Rossing menggambarkannya sebagai “simfoni ciptaan” yang mengundang kekaguman.

Namun, refleksi ini juga mengakui kerentanan bumi. Banjir di Jakarta atau kebakaran hutan di Sumatra menunjukkan bahwa ciptaan yang indah ini rapuh di tangan manusia. Ekoteologi menafsirkan kerentanan ini melalui lensa Roma 8:22, di mana ciptaan mengerang akibat eksploitasi. Cynthia Moe-Lobeda berargumen bahwa kerapuhan ini adalah panggilan untuk kasih, sementara Rossing menekankan bahwa keajaiban dan kerentanan saling terkait.

Keajaiban bumi juga terlihat dalam keberlanjutan alamiahnya, seperti kemampuan terumbu karang untuk pulih jika diberi waktu. Namun, ancaman seperti pemutihan karang akibat pemanasan global mengingatkan kita akan batas-batasnya. Ekoteologi Kristen menyerukan refleksi atas keajaiban ini sebagai dorongan untuk melindungi ciptaan, bukan mengeksploitasinya. Ilia Delio mencatat bahwa kagum pada alam membawa kita lebih dekat kepada Tuhan, sementara King menyoroti bahwa kerentanan menuntut tindakan.

Di Indonesia, refleksi ini relevan dalam konteks bencana alam yang sering dipicu manusia, seperti longsor akibat pertambangan ilegal atau alih fungsi lahan secara tidak bertanggung jawab. Ekoteologi mendorong umat untuk melihat keajaiban ciptaan—misalnya Gunung Rinjani—sebagai anugerah yang harus dijaga, dan kerentanannya sebagai peringatan. Kita harus menggunakan kesadaran ini untuk mengubah sikap dari apatis menjadi peduli.

Refleksi ini juga menginspirasi spiritualitas ekologis yang aktif. Gereja-gereja katolik mengadakan “Hari Ciptaan” (*Creation Day*) untuk merayakan keajaiban bumi sambil mengakui kerentanannya, mendorong aksi seperti pembersihan sungai.

Delio dan Rossing melihat ini sebagai wujud iman yang hidup, menghubungkan kekaguman dengan tanggung jawab.

Relevansi Narasi Spiritual untuk Hubungan Manusia-Alam

Narasi spiritual dalam ekoteologi Kristen relevan untuk membentuk hubungan manusia-alam yang harmonis, menawarkan landasan nilai di tengah krisis lingkungan. Dengan melihat ciptaan sebagai anugerah Tuhan, manusia diajak untuk mengganti eksploitasi dengan penatalayanan. Dalam tradisi Kristen, prinsip penatalayanan ini berakar pada perintah untuk “mengasihi sesama seperti diri sendiri” (Markus 12:31), yang diperluas untuk mencakup alam. Ernst Conradie menegaskan bahwa narasi ini mengubah paradigma dari dominasi menjadi kemitraan, sementara Leah Schade melihatnya sebagai panggilan etis.

Relevansi ini terlihat dalam seruan untuk pertobatan ekologis, seperti yang diadvokasi *Laudato Si'*. Di Indonesia, polusi udara di kota-kota besar menjadi pengingat bahwa hubungan rusak dengan alam mencerminkan kegagalan spiritual. Narasi penciptaan mendorong umat untuk hidup sederhana, mengurangi konsumsi yang merusak ciptaan. Patricia Tull berargumen bahwa ini adalah wujud kasih kepada Tuhan dan bumi, sementara Conradie menekankan dampaknya pada keadilan sosial.

Narasi spiritual juga memperkuat solidaritas dengan ciptaan. Dalam Kolose 1:16-17, Kristus digambarkan sebagai pusat ciptaan, mengikat manusia dan alam dalam satu komunitas kosmik. Ekoteologi menyerukan hubungan yang saling mendukung,

seperti yang ditunjukkan oleh komunitas Kristen di Flores yang mengelola air bersama alam.

Di tengah tantangan modern, narasi ini relevan untuk melawan konsumerisme. Gereja diajak mengajarkan bahwa alam bukan komoditas, tetapi bagian dari keluarga ciptaan. Inisiatif seperti pengurangan plastik di gereja-gereja Indonesia mencerminkan penerapan praktis narasi ini. Pendekatan semacam ini dapat membentuk etos ekologis yang berkelanjutan.

Narasi spiritual akhirnya menawarkan harapan eskatologis. Dengan visi “bumi baru,” ekoteologi mengajak manusia untuk bekerja menuju pemulihan hubungan dengan alam sebagai tindakan iman. Ini relevan di Indonesia, di mana konservasi geopark menjadi simbol harapan. Narasi ini menginspirasi tindakan nyata untuk masa depan yang lebih baik.

Bagian III

**PERSPEKTIF
TERHADAP ANTROPOSEN**



Bab 5

Perspektif Geologi Lingkungan terhadap Peran Manusia

The Earth is the wondrous work of the Creator, containing a grammar that sets forth ends and criteria for its wise use, not its reckless exploitation (Benedictus XVI)

Manusia sebagai Agen Perubahan Geologi

Geologi lingkungan memandang manusia sebagai agen perubahan geologi yang signifikan, sebuah peran yang kini diakui dalam konsep “Antroposen” — sebuah istilah yang menggambarkan era geologi di mana aktivitas manusia menjadi kekuatan dominan dalam membentuk permukaan bumi. Berbeda dengan proses geologi alami seperti erosi atau tektonik yang berlangsung selama ribuan hingga jutaan tahun, perubahan yang disebabkan manusia terjadi dalam skala waktu yang jauh lebih pendek, sering kali hanya dalam hitungan dekade. Aktivitas seperti pertambangan, pembangunan infrastruktur, dan pengelolaan lahan telah mengubah lanskap, memengaruhi siklus hidrologi, dan bahkan memicu fenomena geologi baru. Dalam perspektif ini, manusia tidak lagi hanya sebagai pengamat, tetapi sebagai aktor yang aktif membentuk dinamika bumi.

Salah satu contoh paling nyata dari peran manusia sebagai agen perubahan geologi adalah kegiatan pertambangan. Penambangan mineral dan bahan bakar fosil, seperti batubara di Kalimantan atau emas di Papua, mengakibatkan penggalian besar-besaran yang meninggalkan bekas permanen di permukaan bumi. Proses ini tidak hanya menghilangkan lapisan tanah dan batuan, tetapi juga mengubah topografi, meningkatkan erosi, dan menciptakan limbah yang mencemari lingkungan. Di Indonesia, pertambangan ilegal sering kali memperburuk dampak ini, meninggalkan lubang-lubang besar yang mengganggu stabilitas geologi lokal. Studi menunjukkan bahwa aktivitas ini telah mempercepat sedimentasi di sungai dan delta, mengubah pola aliran air secara drastis.

Selain pertambangan, pembangunan infrastruktur juga menunjukkan bagaimana manusia menjadi kekuatan geologi. Pembukaan lahan untuk jalan, bendungan, dan pemukiman mengubah morfologi permukaan bumi dengan cara yang signifikan. Misalnya, pembangunan Bendungan Jatiluhur di Jawa Barat tidak hanya menciptakan waduk buatan, tetapi juga memengaruhi distribusi sedimen di Sungai Citarum, menyebabkan banjir di hilir dan erosi di bagian lain. Dalam skala global, pembangunan kota-kota besar telah menciptakan apa yang disebut “lapisan antropogenik”—endapan buatan manusia seperti beton dan aspal yang kini menjadi bagian dari catatan geologi masa depan.

Urbanisasi juga memainkan peran penting dalam mengubah proses geologi. Di Jakarta, ekstraksi air tanah yang berlebihan untuk kebutuhan penduduk telah menyebabkan penurunan tanah (*land subsidence*) hingga beberapa meter dalam beberapa dekade

terakhir. Fenomena ini mempercepat proses geologi yang biasanya memakan waktu ribuan tahun, menjadikan manusia sebagai katalis perubahan yang belum pernah terjadi sebelumnya. Data geologi menunjukkan bahwa tingkat penurunan tanah di Jakarta Utara mencapai 25 cm per tahun di beberapa lokasi, sebuah bukti nyata bahwa aktivitas manusia dapat menyaingi kekuatan alam seperti tektonik atau sedimentasi alami.

Deforestasi adalah aspek lain yang menegaskan peran manusia sebagai agen geologi. Penebangan hutan untuk pertanian atau perkebunan, seperti kelapa sawit di Sumatra dan Kalimantan, menghilangkan vegetasi yang menahan tanah, sehingga meningkatkan erosi dan longsor. Di daerah pegunungan seperti Jawa Tengah, hilangnya tutupan hutan telah mengubah pola pelapukan batuan dan meningkatkan sedimentasi di sungai-sungai besar. Dalam jangka panjang, aktivitas ini meninggalkan jejak geologi berupa lapisan sedimen yang kaya akan material organik dan polutan, yang akan menjadi bukti aktivitas manusia bagi generasi mendatang.

Dengan demikian, geologi lingkungan memandang manusia sebagai kekuatan yang setara dengan proses alami dalam membentuk bumi. Konsep ini tidak hanya menyoroti dampak negatif, tetapi juga membuka peluang untuk perubahan positif melalui intervensi yang bijaksana. Misalnya, reklamasi lahan bekas tambang atau penghijauan kembali dapat meminimalkan jejak geologi manusia. Oleh karena itu, memahami peran ini menjadi langkah awal untuk mengelola dampak antropogenik dengan lebih bertanggung jawab.

Dampak Aktivitas Industri dan Urbanisasi

Aktivitas industri dan urbanisasi memiliki dampak mendalam terhadap lingkungan geologi, mengubah struktur bumi dan mempercepat proses yang biasanya berlangsung secara alami. Industri, khususnya sektor pertambangan dan manufaktur, sering kali menjadi pendorong utama kerusakan geologi. Penambangan batubara di Kalimantan Timur, misalnya, telah menghasilkan ribuan hektar lahan terdegradasi, dengan lubang-lubang besar yang mengganggu aliran air tanah dan meningkatkan risiko banjir. Limbah tambang, seperti asam sulfat dan logam berat, meresap ke dalam lapisan geologi, mencemari akuifer dan mengubah komposisi kimia batuan. Dampak ini tidak hanya lokal, tetapi juga berkontribusi pada emisi gas rumah kaca yang memengaruhi iklim global.

Urbanisasi, di sisi lain, memperburuk dinamika geologi melalui ekstraksi sumber daya dan perubahan penggunaan lahan. Di kota-kota besar seperti Jakarta, penggunaan air tanah untuk memenuhi kebutuhan penduduk telah menyebabkan penurunan tanah yang signifikan. Proses ini, yang dikenal sebagai subsidence, terjadi karena akuifer terkuras, menyebabkan lapisan tanah di atasnya runtuh. Akibatnya, sebagian Jakarta Utara kini berada di bawah permukaan laut, meningkatkan risiko banjir dan intrusi air asin ke dalam sistem air tanah. Fenomena ini menunjukkan bagaimana urbanisasi dapat mempercepat proses geologi dalam waktu singkat.

Industri juga memengaruhi geologi melalui produksi limbah padat dan cair. Di kawasan industri seperti Bekasi dan Karawang, pembuangan limbah kimia ke sungai telah meningkatkan sedimentasi beracun, mengubah karakteristik geologi dasar

sungai. Studi geologi lingkungan menunjukkan bahwa endapan ini mengandung logam berat seperti timbal dan merkuri, yang dapat bertahan dalam lapisan sedimen selama ratusan tahun, menciptakan warisan polusi bagi generasi mendatang. Selain itu, pembangunan fasilitas industri sering kali melibatkan penggalian dan pemadatan tanah, yang mengubah porositas dan permeabilitas batuan, sehingga memengaruhi aliran air bawah tanah.

Urbanisasi juga meningkatkan risiko bencana geologi melalui perubahan tutupan lahan. Di Bandung, misalnya, konversi hutan dan lahan pertanian menjadi pemukiman telah mengurangi kapasitas tanah untuk menyerap air hujan, menyebabkan banjir bandang dan longsor di daerah pegunungan. Hilangnya vegetasi alami mempercepat erosi tanah, yang pada gilirannya meningkatkan sedimentasi di waduk dan sungai. Data geologi menunjukkan bahwa tingkat erosi di daerah urban meningkat hingga tiga kali lipat dibandingkan dengan daerah alami, menegaskan bahwa urbanisasi adalah faktor utama dalam destabilisasi lingkungan geologi.

Dampak industri dan urbanisasi tidak hanya terbatas pada permukaan bumi, tetapi juga memengaruhi proses geologi yang lebih dalam. Pembangunan gedung pencakar langit dan infrastruktur bawah tanah, seperti MRT di Jakarta, memerlukan penggalian yang dapat mengganggu stabilitas lapisan batuan. Di wilayah dengan aktivitas tektonik tinggi seperti Indonesia, intervensi ini meningkatkan risiko gempa bumi yang dipicu oleh aktivitas manusia (*induced seismicity*). Studi terbaru menunjukkan bahwa pengeboran dalam dan injeksi air limbah industri dapat memicu patahan kecil, meskipun dampaknya masih diperdebatkan.

Secara keseluruhan, aktivitas industri dan urbanisasi menciptakan jejak geologi yang kompleks, dari perubahan fisik hingga kimiawi. Namun, dampak ini juga dapat dikelola melalui teknologi dan kebijakan yang tepat, seperti pengelolaan limbah industri atau perencanaan kota yang berkelanjutan. Geologi lingkungan menawarkan wawasan untuk memahami dan mitigasi konsekuensi ini, menekankan pentingnya keseimbangan antara pembangunan dan pelestarian.

Peran Geologi dalam Konservasi Lingkungan

Geologi lingkungan memainkan peran krusial dalam mitigasi bencana dan konservasi lingkungan dengan menyediakan data ilmiah untuk memahami risiko dan merancang solusi berkelanjutan. Indonesia, yang terletak di Cincin Api Pasifik, menghadapi ancaman gempa bumi, tsunami, dan letusan gunung api secara rutin. Geolog lingkungan memetakan zona patahan aktif, seperti Patahan Lembang di Jawa Barat, untuk menentukan daerah rawan dan memberikan rekomendasi tata ruang. Pendekatan ini membantu mengurangi korban jiwa dan kerusakan dengan memastikan pembangunan dilakukan di lokasi yang aman.

Dalam konteks tanah longsor, geologi lingkungan menganalisis faktor seperti kemiringan lereng, jenis batuan, dan curah hujan untuk memprediksi area berisiko tinggi. Di Jawa Tengah, misalnya, studi geologi telah mengidentifikasi daerah dengan batuan vulkanik yang rentan longsor saat musim hujan. Teknologi seperti pemetaan GIS (*Geographic Information System*) memungkinkan visualisasi risiko ini, yang kemudian digunakan untuk merancang sistem peringatan dini atau membangun struktur penahan seperti

sabo dam. Upaya ini menunjukkan bagaimana geologi dapat mencegah bencana sebelum terjadi.

Geologi juga berperan dalam mitigasi banjir melalui analisis hidrogeologi. Di Jakarta, banjir tahunan diperburuk oleh penurunan tanah dan hilangnya daerah resapan air. Geolog lingkungan mempelajari pola aliran air tanah dan distribusi sedimen untuk merancang solusi seperti sumur resapan atau kanal banjir. Selain itu, pemahaman tentang siklus sedimentasi membantu mengelola waduk agar tidak cepat penuh oleh lumpur, seperti yang terjadi di Waduk Jatiluhur. Pendekatan ini mengintegrasikan ilmu geologi dengan teknik sipil untuk mengurangi dampak banjir.

Dalam konservasi lingkungan, geologi lingkungan mendukung pelestarian sumber daya alam seperti air tanah dan tanah. Di Bali, Geopark Batur memanfaatkan data geologi untuk melindungi warisan vulkanik sambil mempromosikan ekowisata. Pemetaan batuan dan struktur geologi memastikan bahwa aktivitas manusia tidak merusak ekosistem lokal, seperti danau kawah yang menjadi sumber air. Konservasi ini juga melibatkan reklamasi lahan bekas tambang, seperti di Kalimantan Selatan, di mana geolog merancang penanaman vegetasi untuk memulihkan stabilitas tanah.

Geologi lingkungan juga membantu melindungi keanekaragaman hayati dengan mengidentifikasi kawasan yang kritis secara geologi. Di Indonesia, kawasan karst seperti di Gunung Sewu memiliki ekosistem unik yang bergantung pada struktur batuan kapur. Studi geologi memastikan bahwa eksploitasi batu kapur untuk industri semen tidak menghancurkan habitat tersebut.

Pendekatan ini menunjukkan bahwa geologi tidak hanya tentang mitigasi, tetapi juga tentang menjaga keseimbangan antara penggunaan sumber daya dan pelestarian alam.

Secara keseluruhan, peran geologi dalam mitigasi bencana dan konservasi lingkungan adalah proaktif dan preventif. Dengan memanfaatkan pengetahuan tentang proses bumi, geolog lingkungan dapat mengurangi risiko dan mendukung keberlanjutan, terutama di negara rawan bencana seperti Indonesia.

Pendekatan Ilmiah dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam

Pendekatan ilmiah dalam pengelolaan sumber daya alam berbasis geologi lingkungan bertujuan untuk memastikan penggunaan yang berkelanjutan dan minim dampak negatif. Salah satu metode utamanya adalah pemetaan geologi untuk mengidentifikasi lokasi sumber daya seperti mineral, air tanah, dan energi. Di Indonesia, pemetaan ini telah digunakan untuk menemukan cadangan batubara di Sumatra atau akuifer di Jawa, dengan analisis stratigrafi dan geofisika yang memandu eksploitasi secara efisien. Pendekatan ini meminimalkan kerusakan lingkungan dengan menargetkan area yang tepat dan menghindari eksplorasi berlebihan.

Pengelolaan air tanah adalah contoh penting dari pendekatan ilmiah ini. Di daerah kering seperti Nusa Tenggara Timur, geolog lingkungan menggunakan teknik hidrogeologi untuk menentukan kapasitas akuifer dan laju pengisian ulang. Data ini membantu pemerintah menetapkan batas ekstraksi, mencegah penurunan muka tanah seperti yang terjadi di Jakarta. Selain itu, teknologi

seperti isotop hidrogen digunakan untuk melacak sumber air, memastikan pengelolaan yang berbasis fakta dan berkelanjutan.

Dalam pengelolaan mineral, pendekatan ilmiah melibatkan analisis siklus hidup (life cycle assessment) untuk mengevaluasi dampak dari ekstraksi hingga pemrosesan. Misalnya, penambangan nikel di Sulawesi Tenggara kini diarahkan untuk mengurangi limbah tailing dengan teknologi pemurnian yang lebih bersih. Geologi lingkungan juga mendorong daur ulang logam untuk mengurangi ketergantungan pada sumber daya primer, sebuah strategi yang mendukung prinsip ekonomi sirkular.

Pengelolaan energi fosil juga mendapat manfaat dari pendekatan ilmiah. Studi geologi memetakan cadangan minyak dan gas, seperti di Laut Natuna, dengan teknologi seismik 3D yang meningkatkan akurasi eksplorasi. Namun, geolog lingkungan juga menekankan transisi ke energi terbarukan, seperti geotermal, dengan memanfaatkan data vulkanologi di daerah seperti Dieng atau Kamojang. Pendekatan ini mengintegrasikan kebutuhan energi dengan pelestarian lingkungan.

Pendekatan ilmiah juga melibatkan pemantauan jangka panjang untuk mengevaluasi dampak pengelolaan sumber daya. Di Geopark Ciletuh, misalnya, geolog memantau erosi pantai dan sedimentasi untuk memastikan bahwa ekowisata tidak merusak ekosistem. Teknologi seperti satelit dan sensor tanah memberikan data real-time, memungkinkan penyesuaian kebijakan secara cepat. Ini menunjukkan bahwa geologi lingkungan tidak hanya reaktif, tetapi juga proaktif dalam menjaga sumber daya.

Secara keseluruhan, pendekatan ilmiah dalam pengelolaan sumber daya alam menawarkan kerangka yang sistematis dan

berbasis data untuk menyeimbangkan kebutuhan manusia dengan keberlanjutan bumi. Di Indonesia, pendekatan ini sangat relevan mengingat kekayaan sumber daya dan kerentanan lingkungannya.

Bab 6

Perspektif Ekoteologi terhadap Peran Manusia

He that plant trees love others besides himself (Thomas Fuller)

Manusia sebagai Penjaga Keseimbangan Alam

Ekoteologi Kristen memandang manusia sebagai penjaga keseimbangan alam, sebuah peran yang berakar pada teks Alkitab seperti Kejadian 2:15, di mana manusia diperintahkan untuk “mengolah dan memelihara” taman Eden. Penatalayanan (*stewardship*) ini bukan sekadar tugas praktis, tetapi panggilan spiritual untuk menjaga harmoni ciptaan Tuhan. Dalam konteks modern, peran ini relevan untuk mengatasi ketidakseimbangan ekologis akibat eksploitasi sumber daya, seperti deforestasi dan polusi. Teolog seperti Douglas Moo menegaskan bahwa menjadi penjaga berarti melindungi keanekaragaman hayati sebagai wujud ketaatan kepada Tuhan.

Pandangan ini menempatkan manusia dalam posisi yang unik: bukan penguasa absolut, tetapi mitra ciptaan yang bertanggung jawab atas kelangsungan ekosistem. Dalam *Laudato Si'*, Paus Fransiskus menyerukan umat Kristen untuk merawat “rumah bersama” dengan sikap rendah hati, menolak dominasi yang

merusak. Di Indonesia, misalnya, banjir dan longsor akibat penebangan hutan menunjukkan kegagalan manusia sebagai penjaga, mendorong gereja untuk mengambil peran aktif dalam penghijauan. Perspektif ini selaras dengan teologi ciptaan yang melihat alam sebagai cerminan kebaikan Tuhan.

Menjaga keseimbangan alam juga berarti mengakui hubungan saling ketergantungan antara manusia dan ciptaan lain, sebagaimana digambarkan dalam Mazmur 104, di mana Tuhan memelihara semua makhluk. Ekoteologi Kristen menolak *antropocentrisme* yang memisahkan manusia dari alam, menggantinya dengan pendekatan ekosentris yang menghormati setiap elemen ciptaan. Richard Bauckham menekankan bahwa keseimbangan ini rusak ketika manusia mengutamakan kepentingan ekonomi di atas kebutuhan ekologi.

Peran sebagai penjaga juga mencakup tanggung jawab proaktif untuk memulihkan kerusakan lingkungan. Gereja-gereja di Indonesia, seperti Gereja Kristen Jawa (GKJ), telah meluncurkan program penanaman pohon untuk mencegah erosi, mencerminkan panggilan untuk menyeimbangkan kebutuhan manusia dengan pelestarian alam. Teolog seperti Sallie McFague mengusulkan bahwa bumi adalah “tubuh Tuhan,” sehingga menjaga keseimbangannya adalah tindakan sakral yang menghormati kehadiran ilahi dalam ciptaan.

Secara praktis, menjadi penjaga keseimbangan alam berarti mengadopsi gaya hidup sederhana dan berkelanjutan. Ekoteologi Kristen mendorong umat untuk mengurangi konsumsi berlebihan, seperti penggunaan plastik sekali pakai, yang mencemari sungai dan laut. Di Indonesia, inisiatif “gereja hijau” menjadi contoh

bagaimana komunitas Kristen dapat mempraktikkan peran ini dengan mendaur ulang dan mengedukasi jemaat tentang dampak ekologis dari perilaku sehari-hari.

Konsep Tanggung Jawab Moral dan Spiritual terhadap Bumi

Ekoteologi Kristen menegaskan bahwa manusia memiliki tanggung jawab moral dan spiritual terhadap bumi, yang berasal dari keyakinan bahwa ciptaan adalah anugerah Tuhan yang harus dijaga. Dalam Roma 8:19-22, ciptaan digambarkan “mengerang” akibat dosa manusia, menunjukkan bahwa kerusakan lingkungan adalah pelanggaran terhadap kehendak Tuhan. Tanggung jawab ini mencakup dimensi moral untuk bertindak adil terhadap alam dan spiritual untuk menghormati Tuhan sebagai Pencipta.

Konsep ini diperkuat oleh *Laudato Si'*, yang menyerukan pertobatan ekologis—sebuah panggilan untuk mengubah sikap dari eksploitasi menjadi kepedulian. Paus Fransiskus menegaskan bahwa tanggung jawab ini tidak hanya individu, tetapi juga kolektif, melibatkan gereja, pemerintah, dan masyarakat. Di Indonesia, polusi Sungai Citarum mencerminkan kegagalan moral manusia, mendorong gereja untuk mengadvokasi keadilan lingkungan sebagai wujud iman.

Tanggung jawab spiritual juga terkait dengan pengakuan bahwa bumi adalah milik Tuhan (Mazmur 24:1), bukan milik manusia. Ini menuntut sikap rendah hati dan penghormatan terhadap ciptaan, bukan dominasi yang merusak. Teolog seperti N.T. Wright berargumen bahwa tanggung jawab ini mencakup visi eskatologis untuk memulihkan bumi, selaras dengan janji “langit baru dan bumi baru” (Wahyu 21:1). Dalam praktik, ini

terlihat dalam upaya gereja Indonesia untuk rehabilitasi lahan terdegradasi.

Secara moral, manusia bertanggung jawab untuk melindungi generasi mendatang dari dampak kerusakan lingkungan saat ini. Eksploitasi sumber daya seperti minyak dan gas meninggalkan warisan polusi dan perubahan iklim yang membebani anak cucu. Ekoteologi Kristen menekankan keadilan antargenerasi, mengajak umat untuk hidup hemat dan berkelanjutan sebagai wujud kasih kepada sesama.

Di Indonesia, tanggung jawab ini juga mencakup dimensi sosial, mengingat kaum miskin paling terdampak oleh krisis lingkungan seperti banjir dan kekeringan. Gereja diajak untuk mendampingi komunitas rentan, seperti warga bantaran sungai, dengan aksi nyata seperti pembersihan sungai atau advokasi kebijakan. Ini mencerminkan panggilan moral untuk mengasihi yang lemah, sebagaimana diajarkan dalam Matius 25:40.

Kritik terhadap Eksploitasi Lingkungan dari Sudut Pandang Ekoteologi

Ekoteologi Kristen mengkritik eksploitasi lingkungan sebagai pelanggaran terhadap kehendak Tuhan dan tanggung jawab manusia sebagai penjaga ciptaan. Dalam Kejadian 1:31, ciptaan disebut “sangat baik,” namun eksploitasi seperti pertambangan dan deforestasi merusak kebaikan ini. Teolog seperti Sallie McFague menyebut eksploitasi ini sebagai “dosa ekologis,” yang berakar pada keserakahan dan pengabaian terhadap sakralitas alam.

Kritik ini menyoroti konsumerisme yang mendorong penggunaan sumber daya secara berlebihan. Di Indonesia, ekspansi perkebunan kelapa sawit dan penambangan nikel telah menghancurkan hutan hujan tropis, mengorbankan keanekaragaman hayati demi keuntungan ekonomi. Ekoteologi Kristen menentang pandangan utilitarian yang mereduksi alam menjadi komoditas, menegaskan bahwa ciptaan memiliki nilai intrinsik sebagai karya Tuhan.

Eksplorasi juga dikritik karena dampaknya terhadap kaum miskin, yang sering kehilangan akses ke air bersih dan tanah akibat industri. *Laudato Si'* mengecam ketidakadilan ini, menyerukan perlindungan terhadap “teriakan bumi dan teriakan orang miskin.” Di Kalimantan, pertambangan batubara mencemari sungai, merugikan komunitas lokal yang bergantung pada air tersebut.

Selain itu, ekoteologi menolak teknologi yang merusak tanpa mempertimbangkan konsekuensi jangka panjang. Misalnya, pengeboran minyak lepas pantai meningkatkan risiko tumpahan yang menghancurkan ekosistem laut. Teolog seperti Michael Northcott mengkritik pendekatan ini sebagai pengkhianatan terhadap panggilan spiritual untuk melindungi ciptaan.

Kritik ini juga menyasar kebijakan yang mengutamakan profit di atas keberlanjutan. Di Indonesia, izin pertambangan kadang diberikan tanpa kajian lingkungan yang memadai, mencerminkan kegagalan moral sistemik. Ekoteologi Kristen menyerukan pertobatan kolektif untuk mengubah paradigma dari eksploitasi menjadi pelestarian.

Contoh Gerakan Ekoteologi dalam Konservasi Lingkungan

Gerakan ekoteologi Kristen telah menghasilkan aksi nyata dalam konservasi lingkungan, mencerminkan panggilan untuk menjadi penjaga ciptaan. Di Indonesia, program “gereja hijau” oleh Gereja Protestan di Indonesia Barat (GPIB) melibatkan jemaat dalam pengurangan sampah plastik dan penanaman pohon untuk mencegah erosi. Inisiatif ini mengintegrasikan khotbah ekologis dengan tindakan praktis.

Secara global, *Season of Creation* adalah gerakan tahunan yang didukung gereja-gereja Kristen untuk meningkatkan kesadaran tentang perubahan iklim. Di Indonesia, gereja-gereja lokal mengadakan doa dan aksi penghijauan, seperti di Jawa Tengah, untuk memulihkan lahan kritis. Gerakan ini menunjukkan bagaimana iman diterjemahkan ke dalam konservasi.

Bab 7

Dinamika Antropogenik dalam Perspektif Geologi dan Ekoteologi

*I often think of the heavens your hands have made, and of the moon
and stars you put in place (Psalm 8:3)*

Evolusi Peran Manusia sebagai Kekuatan Geologi dan Spiritual

Peran manusia sebagai kekuatan geologi dan spiritual telah berevolusi seiring waktu, dari pengelola sumber daya sederhana menjadi agen perubahan bumi yang signifikan, sebuah fenomena yang kini dikenal sebagai Antroposen. Dalam perspektif geologi lingkungan, evolusi ini dimulai dengan revolusi pertanian sekitar 10.000 tahun lalu, ketika manusia mulai membentuk lanskap melalui irigasi dan pembukaan lahan. Namun, Revolusi Industri pada abad ke-18 menandai percepatan drastis, dengan pertambangan, urbanisasi, dan emisi karbon yang mengubah proses geologi dalam skala global. Jejak antropogenik ini akan tercatat dalam lapisan sedimen masa depan dan manusia kini menyaingi kekuatan alam seperti erosi dan sedimentasi. Dari sudut ekoteologi, evolusi ini mencerminkan pergeseran dari

penatalayanan (*stewardship*) yang harmonis menuju dominasi yang merusak.

Secara historis, peran spiritual manusia dalam tradisi Kristen berpusat pada panggilan untuk “mengolah dan memelihara” ciptaan (Kejadian 2:15), sebuah mandat yang menempatkan manusia sebagai penjaga keseimbangan alam. Namun, interpretasi modern tentang “berkuasa atas bumi” (Kejadian 1:28) sering kali dipelintir untuk membenarkan eksploitasi, sebagaimana dikritik oleh Lynn White Jr. pada 1967. Horrell dan Northcott berargumen bahwa kesalahan ini memicu krisis lingkungan, mendorong teolog seperti Jürgen Moltmann untuk mengusulkan teologi ciptaan yang lebih ekologis. Di konteks Indonesia, misalnya, penebangan hutan untuk perkebunan mencerminkan pergeseran dari peran spiritual yang bertanggung jawab menjadi kekuatan destruktif.

Pada abad ke-20, kemajuan teknologi memperkuat peran manusia sebagai kekuatan geologi, dengan dampak seperti: penurunan tanah di Jakarta akibat ekstraksi air tanah dan polusi Sungai Citarum akibat limbah industri. Geologi lingkungan menyoroti bahwa aktivitas ini menciptakan lapisan antropogenik—endapan buatan manusia seperti beton dan plastik—yang akan menjadi bukti geologi masa depan. Dalam perspektif ekoteologi, peran spiritual manusia juga berkembang melalui gerakan seperti *Laudato Si'*, yang menyerukan pertobatan ekologis untuk mengembalikan harmoni dengan ciptaan.

Evolusi ini juga terlihat dalam skala waktu yang semakin singkat. Jika proses alami seperti pembentukan delta memakan ribuan tahun, manusia kini menciptakan perubahan serupa dalam hitungan dekade bahkan bulan melalui bendungan dan reklamasi.

Saat sedimentasi antropogenik meningkat drastis dari tahun ke tahun, peran manusia, sebagai insan spiritual, harus beradaptasi untuk menghadapi kecepatan ini melalui tanggung jawab moral. Di Indonesia, pembangunan beberapa taman bumi, seperti Geopark Ciletuh dan Geopark Gunung Batur, menjadi contoh strategi menyeimbangkan peran geologi dan spiritual dalam upaya konservasi warisan geologi.

Secara keseluruhan, evolusi peran manusia mencerminkan dualitas: sebagai kekuatan geologi yang mampu mengubah bumi dan sebagai entitas spiritual yang dipanggil untuk melindunginya. Ekoteologi Kristen menawarkan kerangka untuk merefleksikan perjalanan ini, mengajak manusia kembali ke peran asalnya sebagai penjaga ciptaan, sementara geologi lingkungan memberikan data untuk memahami.

Interaksi antara Teknologi Modern dan Nilai Spiritual dalam Pengelolaan Alam

Interaksi antara teknologi modern dan nilai spiritual dalam pengelolaan alam menciptakan dinamika kompleks yang dapat mendukung atau menghambat keberlanjutan. Geologi lingkungan memanfaatkan teknologi, seperti pemetaan satelit dan seismik 3D, untuk mengelola sumber daya seperti minyak dan geothermal. Teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi dalam usaha eksplorasi sumber daya energi. Di Indonesia, teknologi ini digunakan untuk mengembangkan energi geotermal untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Melalui lensa ekoteologi, upaya ini dapat dipandang sebagai usaha penatalayanan dalam penggunaan teknologi untuk tujuan yang selaras dengan kehendak Tuhan, yaitu bukan sekedar eksploitasi sumber energi, tetapi juga berwawasan keberlanjutan.

Namun, teknologi modern sering kali bertentangan dengan nilai spiritual ketika digunakan tanpa etika. Misalnya, pengeboran dalam untuk minyak lepas pantai meningkatkan risiko tumpahan, seperti yang terjadi di Teluk Meksiko pada 2010, yang berdampak buruk pada ekosistem laut. Ekoteologi mengkritik pendekatan ini sebagai pengkhianatan terhadap panggilan spiritual untuk melindungi ciptaan. Teknologi semacam itu mempercepat perubahan geologi yang merusak. Di Indonesia, pertambangan ilegal dengan alat berat memperburuk erosi dan polusi.

Sebaliknya, teknologi juga dapat menjadi alat untuk mewujudkan nilai spiritual. Di Bali, sistem subak—irigasi tradisional yang kini didukung teknologi modern seperti sensor air—mencerminkan harmoni antara manusia, alam, dan Tuhan, sebuah prinsip yang selaras dengan ekoteologi Kristen meskipun berakar pada Hindu. Geologi lingkungan mendukung ini dengan data hidrogeologi untuk mengoptimalkan pengelolaan air. Lebih lanjut, *Laudato Si'* menyerukan penggunaan teknologi yang bertanggung jawab untuk melayani kebaikan bersama.

Interaksi ini juga terlihat dalam upaya konservasi. Teknologi GIS (*Geographic Information System*) digunakan untuk memetakan kawasan rawan bencana di Indonesia, seperti Patahan Lembang, yang mendukung Upaya mitigasi guna melindungi komunitas. Dalam perspektif ekoteologi, ini mencerminkan tanggung jawab moral untuk mengasihi sesama (Matius 25:40). Geologi lingkungan dapat berperan dalam memastikan bahwa teknologi ini berbasis data ilmiah, menciptakan sinergi dengan nilai spiritual.

Tantangannya adalah menyeimbangkan kemajuan teknologi dengan nilai spiritual. Ekoteologi Kristen menawarkan panduan etis untuk memastikan bahwa teknologi tidak hanya melayani keuntungan ekonomi, tetapi juga pelestarian ciptaan, sementara geologi lingkungan menyediakan instrument untuk mengukur dampaknya.

Studi Kasus Dampak Jangka Panjang Aktivitas Antropogenik

Dampak jangka panjang aktivitas manusia dalam kerangka Antroposen terlihat jelas dalam studi kasus seperti penurunan tanah di Jakarta. Ekstraksi air tanah berlebihan sejak 1970-an telah menyebabkan *subsidence* hingga 4 meter di beberapa wilayah, meningkatkan risiko banjir dan intrusi air laut. Geologi lingkungan mencatat bahwa proses ini, yang biasanya memakan ribuan tahun, dipercepat oleh urbanisasi. Dalam ekoteologi Kristen, ini dipandang sebagai kegagalan penatalayanan, melanggar panggilan untuk memelihara ciptaan.

Studi kasus lain adalah deforestasi di Kalimantan untuk kelapa sawit, yang telah mengubah lanskap geologi dan ekologi. Hilangnya hutan meningkatkan erosi, sedimentasi sungai, dan emisi karbon, meninggalkan jejak geologi berupa lapisan sedimen antropogenik. Dampak ini dapat bertahan selama berabad-abad, yang secara teologis dapat disebut sebagai dosa ekologis yang menuntut pertobatan.

Pertambangan batubara di Kalimantan Timur juga menunjukkan dampak jangka panjang. Lubang-lubang besar dan limbah

asam mengubah struktur geologi, mencemari air tanah, dan mengancam keberlanjutan ekosistem. Kita bisa memprediksi bahwa pemulihan akan memakan waktu puluhan tahun. Lensa ekoteologi Kristen menyoroti kasus ini sebagai ketidakadilan terhadap komunitas lokal yang kehilangan sumber daya.

Perubahan iklim akibat emisi antropogenik adalah kasus lain yang relevan. Pencairan gletser dan kenaikan permukaan laut di Indonesia, seperti di Kepulauan Seribu, mencerminkan jejak geologi yang akan bertahan ribuan tahun. Ini adalah jejak Antroposen, dan kita harus memegang tanggung jawab spiritual untuk mitigasinya.

Beberapa studi kasus ini menggarisbawahi perlunya refleksi geologi dan spiritual untuk memahami warisan antropogenik, mendorong tindakan yang mencegah kerusakan lebih lanjut. Maukah kita terlibat di dalam pertobatan ini?

Rekonsiliasi antara Kemajuan Manusia dan Pelestarian Ciptaan

Rekonsiliasi antara kemajuan manusia dan pelestarian ciptaan memerlukan pendekatan yang mengintegrasikan ilmu geologi dan nilai ekoteologi Kristen. Geologi lingkungan menawarkan strategi seperti reklamasi lahan bekas tambang di Kalimantan Selatan, yang mengembalikan stabilitas tanah melalui penanaman vegetasi. Dalam ekoteologi, ini selaras dengan visi eskatologis “bumi baru” (Wahyu 21:1), di mana manusia dipanggil untuk memulihkan ciptaan.

Teknologi berkelanjutan, seperti energi geotermal, juga menjadi jembatan rekonsiliasi. Di Indonesia, pengembangan geotermal

di Kamojang mengurangi emisi sambil memenuhi kebutuhan energi, mencerminkan penatalayanan yang bertanggung jawab. Ekoteologi Kristen mendukung ini sebagai wujud kasih kepada ciptaan dan sesama.

Pendidikan adalah kunci untuk menyeimbangkan kemajuan dan pelestarian. Program “gereja hijau” dapat digalakkan di Indonesia untuk mengajarkan jemaat tentang dampak ekologis konsumsi, mendorong gaya hidup sederhana yang selaras dengan data geologi tentang sumber daya. *Laudato Si'* menekankan bahwa pendidikan ekologis berbasis iman dapat mengubah perilaku.

Kebijakan berbasis etika juga penting. Geopark seperti Batur di Bali mengintegrasikan pembangunan ekonomi dengan konservasi, didukung oleh data geologi dan nilai spiritual untuk harmoni dengan alami. Ekoteologi menawarkan landasan moral untuk kebijakan ini.

Rekonsiliasi ini menuntut kolaborasi lintas disiplin. Upaya rekonsiliasi perlu menggabungkan teknologi, ilmu, dan iman untuk masa depan yang berkelanjutan. Terutama, rekonsiliasi perlu, bahkan mendesak, untuk dipraktikkan di Indonesia yang kaya sumber daya namun rentan.

Bab 8

Refleksi Narasi dan Peran Manusia

The Creator's 'eternal power and divine nature, invisible though they are, have been understood and seen through the things he has made
(Apostle Paul)

Ringkasan Temuan Utama Jilid I

Esensi Geologi Lingkungan dan Ekoteologi: Landasan Berpikir

Geologi lingkungan dan ekoteologi, sebagaimana diuraikan dalam Bab 1 dan 2, membentuk landasan pemahaman yang saling melengkapi untuk menghadapi krisis ekologis modern. Geologi lingkungan menawarkan kerangka ilmiah untuk memahami interaksi antara proses bumi dan aktivitas manusia, seperti bagaimana urbanisasi di Jakarta mempercepat penurunan tanah. Disiplin ini menekankan prinsip keberlanjutan dengan menganalisis data stratigrafi dan hidrogeologi untuk mendukung pengelolaan sumber daya. Ekoteologi, di sisi lain, memberikan dimensi spiritual, menempatkan ciptaan sebagai anugerah Tuhan yang harus dijaga, bukan dieksploitasi. Kolaborasi ini menciptakan dasar holistik untuk kesadaran ekologis.

Esensi geologi lingkungan terletak pada kemampuannya merekam jejak waktu—dari pembentukan batuan hingga dampak antropogenik—seperti endapan plastik di laut yang menandai Kala Antroposen. Prinsip ini memberikan wawasan tentang bagaimana manusia mengubah sistem bumi, mendorong pendekatan berbasis data untuk mitigasi bencana seperti longsor di Indonesia. Ekoteologi melengkapi ini dengan narasi penciptaan yang menanamkan tanggung jawab moral, mengajak umat Kristen untuk melihat bumi sebagai “rumah bersama” yang sakral.

Landasan ini juga menyoroti urgensi krisis lingkungan. Geologi lingkungan mengungkapkan bahwa aktivitas industri meningkatkan emisi karbon, mengganggu siklus alami, sementara ekoteologi mengkritik konsumerisme sebagai dosa ekologis. Di Indonesia, eksploitasi tambang ilegal menjadi contoh nyata bagaimana ilmu dapat mengukur kerusakan dan spiritualitas dapat menginspirasi perubahan sikap. Pendekatan ganda ini memperkuat argumen bahwa kesadaran ekologis membutuhkan fakta dan iman.

Narasi Ciptaan dari Perspektif Geologi dan Spiritual

Bab 3 dan 4 mengeksplorasi narasi ciptaan melalui lensa geologi dan ekoteologi, menggambarkan bumi sebagai entitas yang memiliki sejarah ilmiah dan makna spiritual. Geologi menceritakan evolusi bumi selama 4,54 miliar tahun, dari akresi planet hingga Antroposen, dengan fosil dan sedimen sebagai bukti proses alami yang lambat. Narasi ini dipercepat oleh manusia, terlihat dalam reklamasi pantai di Indonesia yang mengubah lanskap dalam hitungan dekade. Ekoteologi melengkapi ini dengan kisah penciptaan dan kejatuhan, menegaskan bahwa alam adalah tanda kehadiran Tuhan yang rapuh akibat dosa.

Dari perspektif geologi, narasi ciptaan adalah cerita tentang dinamika tektonik dan iklim, seperti pembentukan Himalaya atau siklus glasial, yang membentuk bumi modern. Catatan ini menjadi peringatan bahwa intervensi manusia kini mendominasi proses alam. Ekoteologi menawarkan refleksi spiritual, melihat keajaiban bumi—seperti berbagai warisan geologi yang ada di Indonesia—sebagai cerminan kemuliaan Tuhan, dan kerentanannya sebagai panggilan untuk pertobatan. Di Indonesia, kebakaran gambut, perubahan tata guna lahan di daerah resapan, dan konsumsi airtanah berlebih mencerminkan narasi kejatuhan yang relevan hingga kini.

Integrasi kedua narasi ini memperkaya pemahaman kita. Geologi memberikan fakta tentang waktu dan perubahan, sementara ekoteologi menanamkan nilai untuk menghormati ciptaan. Refleksi ini relevan di tengah krisis seperti polusi laut, di mana data ilmiah dan spiritualitas bersama-sama mendorong kesadaran ekologis yang lebih dalam.

Peran Manusia: Agen Perubahan dan Penjaga Ciptaan

Bab 5-7 menganalisis peran ganda manusia sebagai agen perubahan geologi dan penjaga ciptaan, sebuah tema sentral dalam Jilid I. Geologi lingkungan menunjukkan bahwa manusia mengubah bumi melalui aktivitas seperti pertambangan dan urbanisasi, meninggalkan jejak seperti lapisan antropogenik. Ekoteologi memposisikan manusia sebagai penatalayan yang bertanggung jawab atas keseimbangan alam, dengan contoh kasus seperti “*green church*” yang mencerminkan upaya nyata. Dualitas ini menegaskan kekuatan dan kewajiban manusia.

Sebagai agen perubahan, manusia telah mempercepat proses geologi, seperti penurunan tanah di Jakarta akibat ekstraksi air tanah. Geologi lingkungan mengukur dampak ini, sementara ekoteologi mengkritik eksploitasi sebagai pengabaian panggilan spiritual. Di Kalimantan, deforestasi untuk kelapa sawit menjadi contoh bagaimana peran ini bisa merusak. Namun, sebagai penjaga, manusia juga mampu memulihkan, seperti melalui reboisasi yang didorong iman.

Peran ganda ini menuntut rekonsiliasi antara kemajuan dan pelestarian, sebuah dinamika yang dieksplorasi melalui teknologi dan nilai spiritual. Refleksi ini menggarisbawahi bahwa manusia memiliki kapasitas untuk menghancurkan atau menyembuhkan bumi, tergantung pada pilihan yang diambil.

Refleksi atas Dualitas Peran Manusia

Ketegangan antara Kemajuan dan Pelestarian

Dualitas peran manusia menciptakan ketegangan antara kemajuan dan pelestarian, sebuah tema yang muncul dari Bab 5-7. Kemajuan, seperti pembangunan infrastruktur dan teknologi, sering kali bertentangan dengan pelestarian ekosistem. Di Indonesia, pembangunan waduk untuk energi mengorbankan hutan, menunjukkan dilema ini. Geologi lingkungan mencatat dampaknya pada sedimentasi, sementara ekoteologi menyoroti hilangnya tanda kehadiran Tuhan (keindahan alam).

Ketegangan ini diperparah oleh konsumerisme yang mendorong eksploitasi sumber daya demi keuntungan jangka pendek. Pertambangan batubara di Sumatra mencemari sungai, mencerminkan prioritas kemajuan atas pelestarian. Ekoteologi menawarkan kritik moral, sementara geologi lingkungan

memberikan data untuk alternatif seperti energi terbarukan. Refleksi ini menunjukkan perlunya keseimbangan dalam dualitas ini.

Namun, ketegangan juga membuka peluang untuk inovasi. Teknologi hijau, seperti geotermal di Dieng, menunjukkan bahwa kemajuan dapat mendukung pelestarian jika dipandu oleh nilai spiritual dan ilmu. Dualitas ini mengajarkan bahwa pilihan manusia menentukan arah masa depan bumi.

Pelajaran dari Sejarah Bumi dan Narasi Teologis

Sejarah bumi dan narasi teologis, sebagaimana dibahas di Bab 3 dan 4, menawarkan pelajaran berharga untuk dualitas peran manusia. Geologi mengajarkan bahwa bumi tangguh namun lambat pulih, seperti setelah kepunahan massal, sementara aktivitas manusia mempercepat kerusakan. Ekoteologi mengingatkan bahwa kejatuhan memutus harmoni ciptaan, menuntut pertobatan. Di Indonesia, banjir di wilayah hilir akibat alih fungsi lahan di wilayah resapan mencerminkan pelajaran ini. Perlu waktu dan biaya yang tidak sedikit untuk manusia dapat memulihkan wilayah hilir dari ancaman banjir kiriman akibat perubahan ini.

Narasi ini juga mengajarkan tentang keterbatasan. Siklus geologi membutuhkan jutaan tahun, kontras dengan dampak cepat manusia dalam eksploitasi sumber energi fosil. Ekoteologi menekankan bahwa menghormati ciptaan adalah wujud iman, mendorong upaya manajemen terhadap sumber daya yang tidak tak-terbatas. Refleksi ini relevan untuk mengubah perilaku manusia menuju wawasan berkelanjutan.

Pelajaran terakhir adalah harapan. Geologi menunjukkan kapasitas pemulihan bumi, sementara ekoteologi menawarkan visi penebusan. Kolaborasi manfaat ini akan menginspirasi manusia untuk menyeimbangkan peran mereka dengan bijaksana.

Jembatan ke Jilid II

Kebutuhan akan Titik Temu antara Ilmu dan Nilai untuk Keberlanjutan

Jilid I menunjukkan bahwa ilmu geologi dan nilai ekoteologi saling membutuhkan untuk keberlanjutan, sebuah tema yang akan dieksplorasi di Jilid II. Geologi memberikan fakta tentang keterbatasan sumber daya, seperti cadangan air tanah di suatu wilayah, sementara ekoteologi menawarkan etos pelestarian. Titik temu ini esensial untuk mengatasi krisis akibat perubahan iklim global.

Di Indonesia, pengelolaan geopark membutuhkan data ilmiah dan nilai spiritual untuk berhasil. Sinergi ini dapat mengubah kebijakan dari eksploitatif menjadi berkelanjutan, menjembatani Jilid I ke diskusi praktis Jilid II.

Jilid II akan membahas strategi praktis seperti konservasi berbasis komunitas dan tantangan seperti urbanisasi. Geologi lingkungan dapat mendukung mitigasi bencana, sementara ekoteologi menggerakkan aksi kolektif. Di Indonesia, banjir perkotaan menjadi salah satu tantangan yang membutuhkan pendekatan kolaboratif ini.

Melanjutkan Perjalanan Menuju Paradigma Baru

Perjalanan yang telah kita tempuh dalam Jilid I ini ibarat menapaki lereng gunung yang terjal namun memukau: kita telah melihat

keajaiban sejarah bumi yang terukir dalam batuan dan fosil, mendengar gema narasi penciptaan yang bergema dalam teks suci, dan merenungi peran ganda manusia sebagai pengubah sekaligus penjaga ciptaan. Namun, puncaknya belum tercapai. Jilid I telah meletakkan fondasi—peta ilmiah dari geologi lingkungan dan kompas spiritual dari ekoteologi—yang kini mengundang kita untuk melangkah lebih jauh menuju paradigma baru dalam hubungan manusia dengan alam. Jilid II menanti, menjanjikan petunjuk praktis dan visi masa depan yang dapat mengubah cara kita hidup di bumi ini.

Bayangkan sebuah dunia di mana ilmu dan iman tidak lagi berjalan terpisah, tetapi berdampingan. Jilid I telah menunjukkan bahwa manusia memiliki kekuatan untuk membentuk lanskap—dari bendungan yang mengubah aliran sungai hingga hutan yang ditebang untuk kemajuan—namun juga dipanggil untuk merawat ciptaan dengan penuh kasih. Di Indonesia, misalnya, kita bisa membayangkan geopark seperti Bromo Tengger tidak hanya sebagai situs ilmiah, tetapi juga sebagai tempat suci yang menginspirasi aksi kolektif. Jilid II akan membawa kita ke sana, menawarkan strategi untuk menyatukan pengetahuan geologi dengan nilai spiritual demi keberlanjutan yang sejati.

Ajakan ini bukan sekadar undangan untuk membaca, tetapi panggilan untuk bertindak—untuk menjadi bagian dari perubahan yang lebih besar. Jilid I telah mengajarkan kita bahwa sejarah bumi adalah cerita tentang resiliensi, dan narasi teologis adalah kisah tentang harapan. Kini, saatnya kita menulis bab berikutnya bersama-sama. Bayangkan anak-anak di desa-desa Nusa Tenggara belajar tentang siklus air dari geologi sambil diajarkan untuk menghormati alam sebagai anugerah Tuhan. Jilid

II akan memperlihatkan bagaimana pendidikan, kebijakan, dan kolaborasi lintas sektor dapat mewujudkan visi ini, membawa kita menuju paradigma di mana manusia hidup selaras dengan bumi. Akhir kata, mari meneruskan perjalanan iman sekaligus pengetahuan ini di jilid II. Tuhan memberkati.

Daftar Pustaka

- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., Fukuda, Y., Pohan, Y. E., & Deguchi, T. (2011). Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and its relation with urban development. *Natural Hazards*, 59, 1753–1771.
- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., Sidiq, T. P., & Fukuda, Y. (2013). Land subsidence in coastal city of Semarang (Indonesia): characteristics, impacts and causes. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 4(3), 226–240.
- Al Amin Husain, A., Ria Irfan, U., & Nur, I. (2022). Analysis of Grain Morphology, Mineral Composition, and Ore Grade on Gold Placer Deposits in Bantimurung, Pangkep Regency, South Sulawesi, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 7(2), 39–48. <https://doi.org/10.25299/JGEET.2022.7.2.9164>.
- Al Daghistani, R. (2022). Seyyed Hossein Nasr:» Man and Nature. The Spiritual Crisis in Modern Man «. *Welt–Umwelt–Mitwelt*, 187–194.
- Ali, S. H., Giurco, D., Arndt, N., Nickless, E., Brown, G., Demetriades, A., Durrheim, R., Enriquez, M. A., Kinnaird, J., & Littleboy, A. (2017). Mineral supply for sustainable development requires resource governance. *Nature*, 543(7645), 367–372.

- Asdak, C., & Supian, S. (2018). Watershed management strategies for flood mitigation: A case study of Jakarta's flooding. *Weather and Climate Extremes*, 21(September), 117–122.
- Bauckham, R. (2009). Bible and ecology: Rediscovering the community of creation.
- Berry, T. (2009). *The sacred universe: Earth, spirituality, and religion in the twenty-first century*. Columbia University Press.
- Bouma-Prediger, S. (2010). *For the beauty of the earth: A Christian vision for creation care*. Baker Academic.
- Brown, D. (2004). *God and enchantment of place: Reclaiming human experience*. OUP Oxford.
- Brown, A. G., Tooth, S., Bullard, J. E., Thomas, D. S. G., Chiverrell, R. C., Plater, A. J., Murton, J., Thorndycraft, V. R., Tarolli, P., & Rose, J. (2017). The geomorphology of the Anthropocene: emergence, status and implications. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(1), 71–90.
- Brueggemann, W. (2002). *The land: place as gift, promise, and challenge in biblical faith (Vol. 1)*. Fortress Press.
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., & Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(30), E6089–E6096.
- Chapple, C. K., & Tucker, M. E. (2000). *Hinduism and ecology*. Harvard Center for the Study of World Religions, Harvard University Press.

- Clifford, A. M. (1992). Feminist perspectives on science: Implications for an ecological theology of creation. *Journal of Feminist Studies in Religion*, 8(2), 65–90.
- Conradie, E. M. (2017). *Redeeming sin?: Social diagnostics amid ecological destruction*. Lexington Books.
- Cózar, A., Sanz-Martín, M., Martí, E., González-Gordillo, J. I., Ubeda, B., Gálvez, J. Á., Irigoien, X., & Duarte, C. M. (2015). Plastic accumulation in the Mediterranean Sea. *PloS One*, 10(4), e0121762.
- Darlington, S. M. (2012). *The ordination of a tree: The Thai Buddhist environmental movement*. State University of New York Press.
- Dearing, J. A. (2006). Climate-human-environment interactions: resolving our past. *Climate of the Past*, 2(2), 187–203.
- Deane-Drummond, C. E. (2017). *A primer in ecotheology: Theology for a fragile earth*. Wipf and Stock Publishers.
- Delio, I. (2013). *The unbearable wholeness of being: God, evolution, and the power of love*. Orbis Books.
- DeWitt, C. B. . (2011). *Earthwise : a guide to hopeful creation care*. 158.
- Edwards, D. (2019). *Deep incarnation: God's redemptive suffering with creatures*. Orbis Books.
- Erwin, D. H. (2015). *Extinction: How Life on Earth Nearly Ended 250 Million Years Ago-Updated Edition (Vol. 37)*. Princeton University Press.
- Findly, E. B. (2002). *Hinduism and Ecology: The Intersection of Earth, Sky, and Water*. JSTOR.

- Folke, C., Biggs, R., Norström, A. V., Reyers, B., & Rockström, J. (2016). Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. *Ecology and Society*, 21(3).
- Gade, A. M. (2019). *Muslim environmentalisms: Religious and social foundations*. Columbia University Press.
- Gaillard, J.-C., & Mercer, J. (2013). From knowledge to action: Bridging gaps in disaster risk reduction. *Progress in Human Geography*, 37(1), 93–114.
- Gattuso, J.-P., Magnan, A. K., Bopp, L., Cheung, W. W. L., Duarte, C. M., Hinkel, J., Mcleod, E., Micheli, F., Oschlies, A., & Williamson, P. (2018). Ocean solutions to address climate change and its effects on marine ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, 5, 337.
- Goudie, A. S. (2018). *Human impact on the natural environment: Past, present and future*. John Wiley & Sons.
- Grim, J., & Tucker, M. E. (2014). *Ecology and religion*. Island Press.
- Habel, N. C., & Wurst, S. (2000). *Earth Story in Genesis (Vol. 2)*. A&C Black.
- Head, M. J., & Gibbard, P. L. (2015). Formal subdivision of the Quaternary System/Period: Past, present, and future. *Quaternary International*, 383, 4–35. <https://doi.org/10.1016/J.QUAINT.2015.06.039>.
- Hessel, D. (2010). *The Church's Ecojustice Journey*. William Tice—The Unfinished Journey (Albany: SUNY Press, 2004), 3.
- Hitzhusen, G. E., & Tucker, M. E. (2013). The potential of religion for Earth Stewardship. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(7), 368–376.

- Hooijer, A., Page, S., Canadell, J. G., Silvius, M., Kwadijk, J., Wösten, H., & Jauhiainen, J. (2010). Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences*, 7(5), 1505–1514.
- Horrell, D. G. (2015). *The Bible and the environment: Towards a critical ecological biblical theology*. Routledge.
- Hull, P. M., Darroch, S. A. F., & Erwin, D. H. (2015). Rarity in mass extinctions and the future of ecosystems. *Nature*, 528(7582), 345–351.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771.
- Jansen, E. (1989). The use of stable oxygen and carbon isotope stratigraphy as a dating tool. *Quaternary International*, 1, 151–166.
- Jenkins, W. (2013). *Ecologies of grace: Environmental ethics and Christian theology*. Oxford University Press.
- Johnson, E. A. (2018). *Creation and the Cross: The Mercy of God for a Planet in Peril*. Orbis Books.
- Keller, E. A. (2012). *Introduction to Environmental Geology*, 5e.
- King, U. (2011). *Teilhard de Chardin and Eastern religions: spirituality and mysticism in an evolutionary world*. Paulist Press.
- Knoll, A. H., & Nowak, M. A. (2017). The timetable of evolution. *Science Advances*, 3(5), e1603076.
- Kristyanto, T. H. W., Iskandar, Muslim, D., & Hirnawan, F. (2014). Feasibility study of dumping area on bearing capacity and slope stability analysis. In *Landslide Science for*

- a Safer Geoenvironment: Volume 2: Methods of Landslide Studies. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05050-8_45
- Lewis, S. L., & Maslin, M. A. (2015). Defining the Anthropocene. *Nature*, 519(7542), 171–180.
- Lyons, T. W., Reinhard, C. T., & Planavsky, N. J. (2014). The rise of oxygen in Earth's early ocean and atmosphere. *Nature*, 506(7488), 307–315.
- McFague, S. (2008). *A new climate for theology: God, the world, and global warming*. Fortress Press.
- Meyer, M. A., Hendricks, M., Newman, G. D., Masterson, J. H., Cooper, J. T., Sansom, G., Gharaibeh, N., Horney, J., Berke, P., van Zandt, S., & Cousins, T. (2018). Participatory action research: tools for disaster resilience education. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 9(4–5), 402–419. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-02-2017-0015/FULL/PDF>
- Moe-Lobeda, C. D. (2013). *Resisting structural evil: Love as ecological-economic vocation*. Fortress Press.
- Moltmann, J. (2020). *The spirit of hope: Theology for a world in peril*. Westminster John Knox Press.
- Montgomery, C. W. (2006). *Environmental geology*. McGraw-Hill New York.
- Moo, D. J., & Moo, J. A. (2018). *Creation care: A biblical theology of the natural world*. Zondervan Academic.
- Northcott, M. S. (2013). *A political theology of climate change*. Wm. B. Eerdmans Publishing.
- Oppenheimer, C. (2011). *Eruptions that shook the world*. Cambridge University Press.

- Page, S. E., Rieley, J. O., & Banks, C. J. (2011). Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology*, 17(2), 798–818.
- Pitana, I. (2010). Tri Hita Karana—the local wisdom of the Balinese in managing development. In *Trends and issues in Global Tourism 2010* (pp. 139–150). Springer.
- PL, C. K. M. F. S. G. (2012). International chronostratigraphic chart: International Commission on Stratigraphy.
- Prothero, D. R. (2015). *The story of life in 25 fossils: tales of intrepid fossil hunters and the wonders of evolution*. Columbia University Press.
- Reuter, T. A. (2015). The green revolution in the world's religions: Indonesian examples in international comparison. *Religions*, 6(4), 1217–1231.
- Ricklefs, R. E., Relyea, R., & Richter, C. (2014). *Ecology: the economy of nature* (Vol. 7). WH Freeman New York.
- Rochman, C. M., Browne, M. A., Underwood, A. J., Van Franeker, J. A., Thompson, R. C., & Amaral-Zettler, L. A. (2016). The ecological impacts of marine debris: unraveling the demonstrated evidence from what is perceived. *Ecology*, 97(2), 302–312.
- Rockström, J., Gaffney, O., Rogelj, J., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., & Schellnhuber, H. J. (2017). A roadmap for rapid decarbonization. *Science*, 355(6331), 1269–1271.
- Rolston III, H. (2020). *A new environmental ethics: the next millennium for life on earth*. Routledge.

- Rossing, B. R. (2005). *The rapture exposed: The message of hope in the Book of Revelation*. Basic Books.
- Ruether, R. R. (2017). *Graia and God: An Ecofeminist Theology of Earth Healing*. In *Women's Studies in Religion* (pp. 225–238). Routledge.
- Schade, L. D. (2019). *Preaching in the purple zone: Ministry in the red-blue divide*. Rowman & Littlefield.
- Schulte, P., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Barton, P. J., Bown, P. R., Bralower, T. J., Christeson, G. L., Claeys, P., & Coccckell, C. S. (2010). The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary. *Science*, 327(5970), 1214–1218.
- Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J. A., Finkelman, R. B., Fuge, R., Lindh, U., & Smedley, P. (2005). *Essentials of medical geology*. Springer.
- Setiawan, A., Pamungkas, B. A., Ito, S., Ramadhan, V. P., Lestariningsih, I. D., Khumairoh, U., Arifin, S., Wicaksono, K. P., Udayana, C., & Kurniawan, Y. (2024). Land use changes effect by slash and burn cultivation to understory diversity composition and soil degradation. *Journal of Degraded & Mining Lands Management*, 11(4).
- Sideris, L. H. (2017). *Consecrating science: Wonder, knowledge, and the natural world*. Univ of California Press.
- Sidle, R. C., & Ziegler, A. D. (2012). The dilemma of mountain roads. *Nature Geoscience*, 5(7), 437–438.
- Steffen, W., Crutzen, P. J., & McNeill, J. R. (2007). The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of

- nature. *Ambio-Journal of Human Environment Research and Management*, 36(8), 614–621.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W., & De Wit, C. A. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855.
- Summerhayes, C. P. (2020). *Paleoclimatology: From Snowball Earth to the Anthropocene*. John Wiley & Sons.
- Sutton, G. W. (2010). Surprised by Hope: Rethinking Heaven, the Resurrection, and the Mission of the Church. *Journal of Psychology and Christianity*, 29(2), 181.
- Swanson, D. (2009). Surprised by Hope: Rethinking Heaven, the Resurrection, and the Mission of the Church. *Cultural Encounters*, 5(2).
- Syvitski, J. P. M., Kettner, A. J., Overeem, I., Hutton, E. W. H., Hannon, M. T., Brakenridge, G. R., Day, J., Vörösmarty, C., Saito, Y., & Giosan, L. (2009). Sinking deltas due to human activities. *Nature Geoscience*, 2(10), 681–686.
- Tomascik, T., & Mah, A. J. (2013). *Ecology of the Indonesian Seas Part 1*. Tuttle Publishing.
- Triguna, I. B. G. Y., Mayuni, A. A. I., & Sutrisno, N. (2022). Sad Kertih: Realizing Holistic and Sustainable Development through Balinese Socio-cultural Capital. *International Journal of Religious and Cultural Studies*, 4(1).
- Tsing, A. L. (2015). *The mushroom at the end of the world: On the possibility of life in capitalist ruins*. Princeton University Press.

- Tull, P. K. (2013). *Inhabiting Eden: Christians, the Bible, and the Ecological Crisis*. Presbyterian Publishing Corp.
- Tulsi Pankhani, J. J. (2018). Attitudes, Behaviour, and Engagement Toward Water Consumption and Conservation in a Higher Education Setting. *Semanticscholar, psychology*.
- Van Kranendonk, M. J., & Kirkland, C. L. (2016). Conditioned duality of the Earth system: Geochemical tracing of the supercontinent cycle through Earth history. *Earth-Science Reviews*, 160, 171–187.
- Waters, C. N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A. D., Poirier, C., Gałuszka, A., Cearreta, A., Edgeworth, M., Ellis, E. C., & Ellis, M. (2016). The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science*, 351(6269), aad2622.
- Whittaker, R. J., Triantis, K. A., & Ladle, R. J. (2008). A general dynamic theory of oceanic island biogeography. *Journal of Biogeography*, 35(6), 977–994.
- Wilde, S. A., Valley, J. W., Peck, W. H., & Graham, C. M. (2001). Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth 4.4 Gyr ago. *Nature*, 409(6817), 175–178.
- Yuliawati, A. K., Pribadi, K. N., & Hadian, M. S. D. (2016). Geotourism resources as part of sustainable development in Geopark Indonesia. *2016 Global Conference on Business, Management and Entrepreneurship*, 962–965.
- Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Williams, M., Barnosky, A. D., Cearreta, A., Crutzen, P., Ellis, E., Ellis, M. A., Fairchild, I. J., & Grinevald, J. (2015). When did the Anthropocene begin?

A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal. *Quaternary International*, 383, 196–203.

Zalasiewicz, J., Williams, M., Haywood, A., & Ellis, M. (2011). The Anthropocene: a new epoch of geological time? In *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* (Vol. 369, Issue 1938, pp. 835–841). The Royal Society Publishing.

Biografi Penulis

Twin Hosea W. Kristyanto, yang lahir di Wonogiri, 9 Desember 1989 ini, adalah staf pengajar di Prodi Geologi, FMIPA UI. Penelitian yang digeluti adalah kebencanaan geologi, terutama gerakan tanah, dan analisis spasial menggunakan *Geographic Information System* (GIS). Selain Geologi, Twin Hosea juga memiliki minat di bidang Teologi serta aktif dalam kegiatan pengabdian masyarakat di bidang sosial dan lingkungan.

Twin Yoshua R. Destyanto, yang lahir di Wonogiri, 9 Desember 1989 ini, merupakan dosen di Departemen Teknik Industri, FTI Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Ia memiliki minat terhadap penelitian di bidang Ergonomika, Psikologi Industri, dan Teologi serta Kepemimpinan Kristen.

GEOLOGI LINGKUNGAN & EKOTEOLOGI

Krisis lingkungan global, seperti perubahan iklim, eksploitasi sumber daya alam, degradasi lingkungan, dan bencana alam yang meningkat, menuntut pendekatan komprehensif dalam mengelola hubungan manusia dan alam. Pendekatan ilmiah sering terpisah dari nilai moral, padahal keberlanjutan membutuhkan pemahaman geologi-ekosistem dan kesadaran etis. Geologi lingkungan menawarkan analisis ilmiah tentang interaksi manusia-bumi, termasuk pengelolaan sumber daya, mitigasi bencana, dan dampak aktivitas manusia. Sebaliknya, ekoteologi menekankan dimensi spiritual dan moral, menggarisbawahi tanggung jawab manusia menjaga ekosistem berdasarkan nilai keagamaan. Buku ini mengintegrasikan kedua perspektif untuk membangun kesadaran bahwa keberlanjutan adalah isu ilmiah sekaligus moral. Ditujukan bagi akademisi, mahasiswa, praktisi, pemuka agama, dan masyarakat, buku ini mengajak pemahaman mendalam tentang hubungan ilmu dan spiritualitas demi kelestarian bumi.

Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Jl. Babarsari No.5-6, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 487711
Email: lib.publisher@uajy.ac.id

ISBN 978-634-04-3264-2 (no. jil. lengkap
PDF)



9

786340

412642