Integrative Perspectives of Social and Science Journal (IPSSJ)
ipssj.com ippsj2024@gmail.com E-ISSN: 3064-4011

PENCEMARAN AIR TANAH AKIBAT BOCORNYA MINYAK DI SPBU PASAR KEPAHIANG, KABUPATEN KEPAHIANG

Rozi Wahyudi[1], Reflis[2], Satria Putra Utama[3]
[1]Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu
[2,3] Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu
*Corresponding author: roziwahyudi@gmail.com

Abstrak: Pencemaran air tanah akibat kebocoran minyak di SPBU Pasar Kepahiang, Kabupaten Kepahiang, telah menjadi masalah lingkungan yang serius. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Menganalisis mekanisme pencemaran air tanah, (2) Mengidentifikasi dampak terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat, serta (3) Mengevaluasi efektivitas teknologi deteksi dan remediasi yang tersedia. Metode penelitian menggunakan studi literatur dengan pendekatan kualitatif terhadap berbagai sumber ilmiah dan kebijakan terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebocoran minyak dari tangki penyimpanan bawah tanah SPBU melepaskan senyawa BTEX (benzena, toluena, etilbenzena, dan xilena) yang bersifat karsinogenik dan sulit terurai. Teknologi deteksi seperti sensor fiber optic serta metode remediasi berupa bioremediasi dan pump-and-treat terbukti efektif, namun implementasinya terkendala oleh faktor teknis dan kelembagaan. Penelitian ini merekomendasikan penguatan regulasi, peningkatan kapasitas pengawasan, serta penerapan teknologi tepat guna untuk mitigasi pencemaran air tanah di sekitar SPBU.
Kata kunci: pencemaran air tanah, kebocoran minyak, SPBU, BTEX, remediasi

Abstract: *Groundwater contamination due to oil leakage at gas stations in Pasar Kepahiang, Kepahiang Regency has become a serious environmental issue. This study aims to: (1) Analyze the groundwater contamination mechanism, (2) Identify environmental and public health impacts, and (3) Evaluate the effectiveness of available detection and remediation technologies. The research method employs qualitative literature study of various scientific sources and related policies. Results indicate that oil leakage from underground storage tanks releases carcinogenic BTEX compounds (benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene) that are persistent in the environment. Detection technologies like fiber optic sensors and remediation methods such as bioremediation and pump-and-treat prove effective, yet their implementation faces technical and institutional constraints. This study recommends regulatory strengthening, enhanced monitoring capacity, and appropriate technology application for groundwater contamination mitigation around gas stations.*
Keywords*: groundwater contamination, oil leakage, gas station, BTEX, remediation*

PENDAHULUAN

Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada Pasal 1 ayat (1) Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain. Sebagai sumber daya merupakan aset yang dapat menyejahterakan masyarakat. Hal ini sesuai dengan amanat Pasal 33 ayat (3) Undang-Undang Dasar Republik Indonesia Tahun 1945 yang menyatakan bahwa, bumi, air, dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dipergunakan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat. Pencemaran atau polusi, adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, atau komponen lain ke dalam lingkungan yang menyebabkan penurunan kualitas lingkungan dan berdampak negatif terhadap kesehatan manusia, ekosistem, dan sumber daya alam.

Pencemaran dapat terjadi di berbagai media, seperti udara, air, tanah, dan bahkan suara (kebisingan). Zat pencemar, atau polutan, dapat berasal dari sumber alami maupun aktivitas manusia. Namun, sebagian besar pencemaran yang terjadi saat ini disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti industrialisasi, urbanisasi, pertanian intensif, dan transportasi. Pencemaran air terjadi ketika zat berbahaya seperti limbah industri, pestisida, logam berat, atau minyak masuk ke badan air seperti sungai, danau, atau laut. Sumber pencemaran air antara lain limbah domestik yang tidak diolah, limbah industri yang dibuang sembarangan, dan tumpahan minyak dari kapal atau instalasi lepas pantai. Stasiun Pengisian Bahan Bakar Minyak Umum (SPBU) merupakan salah satu tempat yang berpotensi menimbulkan paparan senyawa hidrokarbon terhadap airtanah, karena selain merupakan tempat pengisian BBM kendaraan bermotor,

terdapat tangki penyimpanan bawah tanah yang juga berpotensi tinggi dapat menimbulkan pencemaran air tanah. Kebocoran minyak dari Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) ke air tanah merupakan salah satu masalah lingkungan yang serius dan kompleks, dengan dampak jangka panjang terhadap ekosistem, kesehatan manusia, dan ketersediaan sumber daya air bersih. Masalah ini sering kali terjadi akibat teknis, manajerial, dan lingkungan. Salah satu penyebab utamanya adalah infrastruktur yang tidak memadai atau sudah rusak.

Banyak SPBU, terutama yang telah beroperasi selama puluhan tahun, masih menggunakan tangki penyimpanan bawah tanah (*underground storage tanks*/UST) dan jaringan pipa yang terbuat dari bahan konvensional seperti baja. Material ini rentan terhadap korosi, terutama jika terpapar kelembaban, tekanan tanah, atau bahan kimia yang bersifat korosif. (*United States Environmental Protection Agency*, 2020). Meskipun standar modern menyarankan penggunaan tangki berlapis fiberglass atau dilapisi bahan anti-korosi, tidak semua SPBU, terutama di daerah dengan regulasi yang kurang ketat, mematuhi standar ini (*National Association of Corrosion Engineers*, 2019). Selain itu, kebocoran sering terjadi pada sambungan pipa atau bagian-bagian yang tidak terlihat, yang jika tidak terdeteksi secara dini dapat menyebabkan rembesan minyak ke tanah dan mencemari air tanah. (*American Petroleum Institute*, 2018). Faktor lain yang turut berkontribusi adalah kurangnya pemeliharaan dan inspeksi rutin. Terutama yang berlokasi di daerah terpencil atau dengan manajemen yang kurang baik, tidak melakukan pemeriksaan secara berkala terhadap kondisi tangki dan pipa. Inspeksi rutin seharusnya mencakup pengujian tekanan, pemeriksaan visual, dan penggunaan teknologi deteksi kebocoran seperti sensor elektronik.

Namun, keterbatasan sumber daya manusia, finansial, dan kesadaran tentang pentingnya pemeliharaan sering menjadi masalah. Akibatnya, kerusakan kecil yang tidak terdeteksi dapat berkembang menjadi kebocoran besar, yang pada akhirnya mencemari tanah dan air tanah di sekitarnya. Selain itu, kondisi lingkungan juga memainkan peran penting dalam kebocoran minyak SPBU ke air tanah. Tanah dengan porositas tinggi atau daerah dengan permukaan air tanah yang dangkal lebih rentan terhadap kontaminasi. Minyak yang meresap ke tanah dapat bergerak melalui pori-pori tanah dan mencapai lapisan akuifer, yang merupakan sumber air bersih bagi masyarakat sekitar. Proses ini diperparah oleh sifat minyak yang sulit terurai secara alami, sehingga pencemaran dapat bertahan dalam waktu yang lama.

Dampaknya tidak hanya terbatas pada lingkungan, tetapi juga pada kesehatan manusia, karena air tanah yang terkontaminasi dapat mengandung senyawa berbahaya seperti benzena, toluena, etilbenzena, dan xilena (BTEX), yang bersifat karsinogenik. Oleh karena itu, memahami latar belakang kebocoran minyak SPBU ke air tanah di Pasar Kepahiang, Kabupaten Kepahiang menjadi sangat penting untuk merumuskan solusi yang efektif dalam mencegah dan menanggulangi masalah ini serta menentukan pengelolaan yang akan diambil pemerintah dan pelaku usaha.

LANDASAN TEORI

Pencemaran Lingkungan

Pencemaran adalah masuknya atau dimasukkanya mahluk hidup, zat atau komponen lain kedalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukanya. Sedangkan berdasarkan Pasal 1 ayat (14) UU No. 23 Tahun 2009 Pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Pencemaran lingkungan didefinisikan sebagai masuknya zat, energi, atau komponen lain ke dalam lingkungan yang menyebabkan penurunan kualitas lingkungan dan mengancam kesehatan manusia serta ekosistem. Pencemaran dapat terjadi di udara, air, dan tanah, serta dapat bersifat lokal, regional, atau global. Menurut Miller

dan Spoolman (2019), pencemaran lingkungan merupakan hasil dari aktivitas manusia seperti industrialisasi, urbanisasi, dan praktik pertanian yang tidak berkelanjutan. Pencemaran air merupakan salah satu bentuk pencemaran yang paling mengkhawatirkan karena air merupakan sumber daya vital bagi kehidupan. Sumber utama pencemaran air meliputi limbah domestik rumah tangga yang mengandung bakteri, virus, dan bahan organik, limbah industri bahan kimia beracun, logam berat, dan limbah cair yang dibuang tanpa pengolahan yang memadai.

Dampak Kebocoran Minyak terhadap Air Tanah

Kebocoran minyak di SPBU merupakan ancaman serius bagi kualitas air tanah. Minyak yang bocor dari tangki penyimpanan bawah tanah atau pipa distribusi dapat meresap ke dalam tanah dan mencemari akuifer, yang merupakan sumber utama air tanah. Menurut penelitian oleh Sutrisno dan Suhartini (2018), senyawa hidrokarbon dalam minyak, seperti benzena, toluena, etilbenzena, dan xilena (BTEX), bersifat persisten dan sulit terurai secara alami. Senyawa-senyawa ini dapat bertahan lama di lingkungan dan menyebabkan pencemaran air tanah yang parah. Dampak pencemaran air tanah akibat kebocoran minyak tidak hanya terbatas pada penurunan kualitas air, tetapi juga mencakup perubahan sifat fisika-kimia tanah. Menurut penelitian oleh Pratiwi et al. (2020), konsentrasi BTEX dalam air tanah di sekitar SPBU di Jakarta telah melebihi ambang batas yang diizinkan oleh standar kualitas air. Senyawa-senyawa ini bersifat karsinogenik dan dapat menyebabkan gangguan kesehatan serius, seperti kerusakan hati, ginjal, dan sistem saraf, jika terpapar dalam jangka panjang.Selain itu, pencemaran air tanah juga berdampak pada ekosistem sekitar. Menurut penelitian oleh Wibowo et al. (2021), pencemaran minyak dapat mengganggu keseimbangan ekosistem akuatik dan terrestrial, termasuk penurunan populasi mikroorganisme tanah yang berperan dalam proses dekomposisi dan siklus nutrisi.

Kebijakan Pengelolaan Lingkungan di Indonesia

Indonesia telah memiliki beberapa regulasi untuk mengatasi pencemaran lingkungan, implementasi kebijakan ini seringkali tidak optimal karena kurangnya pengawasan dan penegakan hukum. Menurut penelitian oleh Hadi et al. (2019), kebijakan pengelolaan lingkungan di sektor SPBU masih lemah dalam hal pemantauan dan mitigasi risiko kebocoran minyak. Misalnya, banyak SPBU yang tidak memiliki sistem deteksi kebocoran yang memadai atau tidak melakukan pemeliharaan rutin pada infrastruktur penyimpanan minyak. Selain itu, peraturan tentang jarak aman antara SPBU dan sumber air tanah seringkali tidak dipatuhi. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/6/2021 tentang Baku Mutu Air Tanah juga belum sepenuhnya efektif dalam mengatasi pencemaran air tanah akibat kebocoran minyak. Menurut penelitian oleh Suryani et al. (2022), kurangnya kapasitas teknis dan sumber daya manusia di tingkat daerah menjadi kendala utama dalam implementasi peraturan ini.

Teknologi Deteksi dan Remediasi Pencemaran Air Tanah

Teknologi deteksi kebocoran minyak dan remediasi air tanah telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Menurut penelitian oleh Wibowo et al. (2021), penggunaan sensor kebocoran dan sistem pemantauan real-time dapat membantu mendeteksi kebocoran minyak secara dini, sehingga mengurangi risiko pencemaran air tanah. Teknologi ini telah diadopsi di beberapa SPBU modern di Indonesia, namun belum menjadi standar nasional. Untuk remediasi air tanah yang tercemar, beberapa metode telah diuji dan diterapkan, termasuk bioremediasi, fitoremediasi, dan teknologi penyaringan kimia. Bioremediasi, yang memanfaatkan mikroorganisme untuk mengurai senyawa hidrokarbon, dianggap sebagai metode yang ramah lingkungan dan efektif. Namun, menurut penelitian oleh Suryani et al. (2022), keberhasilan bioremediasi sangat tergantung pada kondisi lingkungan dan jenis kontaminan. Selain itu, teknologi membran filtrasi dan adsorpsi karbon aktif juga telah digunakan untuk menghilangkan senyawa hidrokarbon dari air tanah. Menurut penelitian oleh

Pratiwi et al. (2020), kombinasi antara bioremediasi dan teknologi filtrasi dapat meningkatkan efektivitas remediasi air tanah yang tercemar minyak.

Tantangan dalam Implementasi Kebijakan dan Teknologi

Implementasi kebijakan dan teknologi untuk mengatasi pencemaran air tanah di SPBU menghadapi beberapa tantangan. Pertama, biaya instalasi dan pemeliharaan teknologi deteksi dan remediasi yang tinggi seringkali menjadi kendala bagi pemilik SPBU, terutama yang berskala kecil. Kedua, kurangnya kesadaran dan pengetahuan tentang dampak lingkungan dari kebocoran minyak membuat banyak pelaku usaha enggan mengadopsi praktik pengelolaan lingkungan yang baik. Selain itu, koordinasi antara pemerintah, pelaku usaha, dan masyarakat masih lemah. Menurut penelitian oleh Nurhayati dan Ramadhan (2023), partisipasi masyarakat dalam memantau dan melaporkan kasus pencemaran lingkungan masih rendah karena kurangnya sosialisasi dan mekanisme pelaporan yang mudah diakses.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan pendekatan kualitatif. Data dikumpulkan dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, buku teks, peraturan pemerintah, dan laporan resmi terkait pencemaran air tanah akibat kebocoran minyak di SPBU.

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan:

1. Mencari literatur di database akademik (*Google Scholar, ScienceDirect*) menggunakan kata kunci seperti *groundwater contamination, oil spill*, dan *gas station leakage*.
2. Memilih sumber yang relevan dan terpercaya (jurnal, peraturan pemerintah).

Data dianalisis secara deskriptif dengan langkah-langkah:

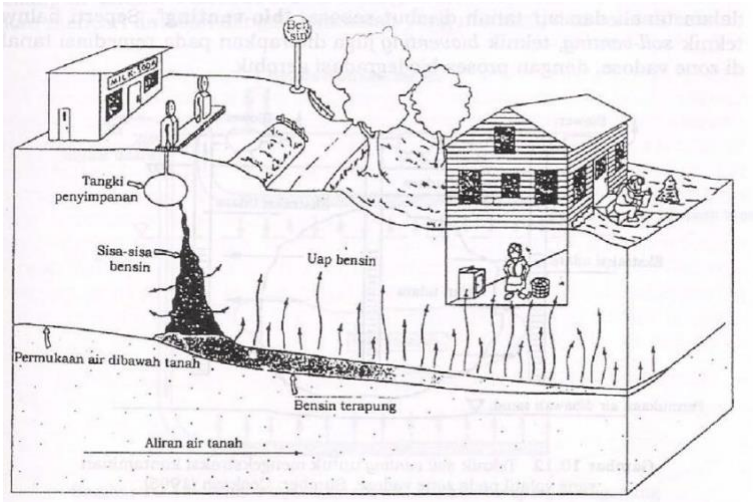
1. Mengelompokkan informasi berdasarkan tema: penyebab pencemaran, dampak, dan solusi.
2. Membandingkan temuan dari berbagai sumber untuk mendapatkan kesimpulan yang akurat.

Keterbatasan penelitian ini adalah tidak adanya data lapangan secara langsung, sehingga hanya mengandalkan studi pustaka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mekanisme Pencemaran Air Tanah

Kebocoran minyak dari SPBU umumnya berasal dari tangki penyimpanan bawah tanah, pipa distribusi, atau tumpahan selama pengisian bahan bakar. Tangki penyimpanan yang terbuat dari baja atau fiberglass dapat mengalami korosi, retak, atau kerusakan struktural seiring waktu, sehingga menyebabkan kebocoran. Pipa yang menghubungkan tangki dengan pompa bahan bakar juga rentan terhadap kebocoran akibat tekanan mekanis atau korosi. Selain itu, tumpahan minyak selama pengisian bahan bakar ke kendaraan dapat meresap ke tanah jika tidak segera dibersihkan. Minyak yang bocor akan meresap ke dalam tanah melalui pori-pori tanah. Proses ini dipengaruhi oleh karakteristik tanah, seperti porositas dan permeabilitas. Tanah berpasir memungkinkan minyak bergerak lebih cepat karena memiliki pori-pori yang lebih besar, sedangkan tanah liat yang lebih padat dapat memperlambat pergerakan minyak. Minyak akan terus bergerak ke bawah karena gravitasi hingga mencapai lapisan air tanah (Johnston et al, 2016). Setelah mencapai lapisan air tanah, minyak akan berperilaku berbeda tergantung pada komponennya, Komponen Ringan (BTEX) Senyawa seperti benzena, toluena, etilbenzena, dan xilena bersifat larut dalam air. Senyawa ini akan larut dalam air tanah dan menyebar bersama aliran air tanah, mencemari area yang lebih luas. Selain itu, komponen berat minyak dengan komponen berat (seperti hidrokarbon rantai panjang) cenderung tidak larut dalam air dan membentuk lapisan minyak bebas (*free product layer*) di atas permukaan air tanah. Lapisan ini dapat bertahan lama dan terus melepaskan senyawa beracun ke air tanah (Zhang, 2018).



Gambar 1. Mekanisme Pencemaran Air Tanah dari SPBU

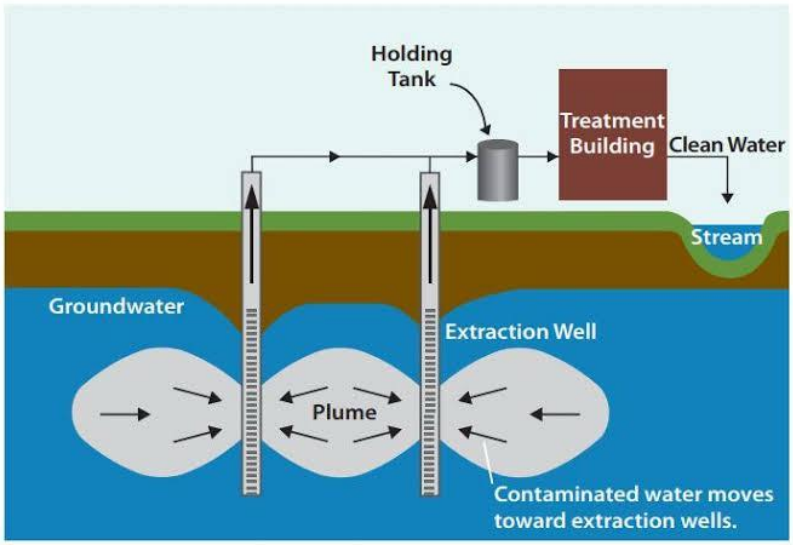
Dampak Lingkungan dan Kesehatan

Pencemaran air tanah akibat kebocoran minyak di SPBU memiliki dampak lingkungan yang signifikan. Minyak yang bocor mengandung senyawa hidrokarbon seperti benzena, toluena, etilbenzena, dan xilena (BTEX), yang bersifat persisten dan sulit terurai secara alami. Senyawa-senyawa ini dapat meresap ke dalam tanah dan mencemari akuifer, yang merupakan sumber utama air tanah. Dampaknya meliputi penurunan kualitas air tanah, perubahan sifat fisika-kimia tanah, dan gangguan pada ekosistem sekitar. Selain itu, pencemaran minyak dapat mengganggu keseimbangan ekosistem akuatik dan terrestrial, termasuk penurunan populasi mikroorganisme tanah yang berperan dalam proses dekomposisi dan siklus nutrisi. Dampak kesehatan dari pencemaran air tanah akibat kebocoran minyak sangat serius. Senyawa BTEX yang terkandung dalam minyak bersifat karsinogenik dan toksik. Paparan jangka panjang terhadap senyawa ini melalui konsumsi air tercemar dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti kerusakan hati, ginjal, dan sistem saraf. Selain itu, benzena diketahui sebagai penyebab kanker pada manusia. Masyarakat yang tinggal di sekitar SPBU yang tercemar berisiko tinggi mengalami masalah kesehatan ini, terutama jika mereka mengandalkan air tanah sebagai sumber air minum utama.

Teknologi Deteksi dan Remediasi Pencemaran Air Tanah

Salah satu teknologi yang digunakan untuk mendeteksi kebocoran minyak adalah sensor kebocoran bawah tanah. Sensor ini dipasang di sekitar tangki penyimpanan dan pipa distribusi untuk memantau konsentrasi hidrokarbon secara real-time. Teknologi berbasis fiber optic dan elektrokimia telah terbukti efektif dalam mendeteksi kebocoran minyak pada tahap awal, sehingga dapat mencegah penyebaran kontaminan lebih lanjut. Selain itu, pengambilan sampel air tanah dari sumur pemantauan (*monitoring wells*) dan analisis laboratorium juga menjadi metode standar untuk mengidentifikasi senyawa hidrokarbon seperti BTEX (benzena, toluena, etilbenzena, dan xilena). Metode ini memberikan data akurat tentang tingkat pencemaran dan sebaran kontaminan di air tanah. Metode biologis merupakan salah satu metode yang paling banyak diterapkan adalah bioremediasi, yaitu penggunaan mikroorganisme untuk mendegradasi senyawa hidrokarbon dalam air tanah. Mikroorganisme seperti Pseudomonas, Bacillus, dan Acinetobacter diketahui mampu memecah senyawa BTEX (benzena, toluena, etilbenzena, dan xilena) dalam kondisi aerob maupun anaerob secara efektif. Bioremediasi dapat diterapkan secara in-situ, langsung di lokasi pencemaran tanpa harus menggali tanah atau memompa air, sehingga lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Untuk menanggulangi pencemaran air tanah, beberapa teknologi remediasi telah dikembangkan. Salah satunya adalah metode *pump-and-treat*, di mana air tanah yang terkontaminasi dipompa ke permukaan dan

diolah menggunakan sistem filtrasi atau adsorpsi, seperti karbon aktif, untuk menghilangkan senyawa hidrokarbon. Metode ini efektif untuk membersihkan air tanah dalam skala besar, tetapi memerlukan biaya operasional yang tinggi. Alternatif lain adalah bioremediasi, yang memanfaatkan mikroorganisme seperti bakteri dan jamur untuk mendegradasi senyawa hidrokarbon menjadi senyawa yang tidak berbahaya. Bioremediasi dianggap ramah lingkungan dan efektif untuk senyawa seperti BTEX, meskipun prosesnya memerlukan waktu yang relatif lama.



Gambar 2. Metode *Pump-and-Treat*

Selain itu, teknologi *soil vapor extraction* (SVE) juga sering digunakan untuk mengekstrak uap senyawa volatil dari tanah dan air tanah. Uap tersebut kemudian diolah menggunakan sistem filtrasi udara. Metode ini sangat efektif untuk senyawa hidrokarbon yang mudah menguap, seperti benzena. Teknologi lain yang semakin populer adalah *in-situ chemical oxidation* (ISCO), di mana bahan kimia oksidatif seperti hidrogen peroksida atau ozon disuntikkan ke dalam tanah dan air tanah untuk mengoksidasi senyawa hidrokarbon. Metode ini dapat bekerja dengan cepat, tetapi memerlukan perencanaan yang matang untuk menghindari dampak samping terhadap lingkungan. Selain metode-metode di atas, *permeable reactive barriers* (PRB) dapat menjadi pilihan untuk menanggulangi pencemaran air tanah. PRB adalah dinding reaktif yang terbuat dari bahan seperti karbon aktif atau besi zero-valent, yang dipasang di aliran air tanah untuk menangkap dan mendegradasi kontaminan. Metode ini efektif untuk mencegah penyebaran kontaminan lebih lanjut, terutama di area yang sulit dijangkau.Studi kasus dan penelitian ilmiah telah banyak dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas teknologi-teknologi tersebut. Misalnya, Smith et al. (2017) dalam *Journal of Environmental Monitoring* membahas penggunaan sensor fiber optic untuk mendeteksi kebocoran minyak secara real-time. Sementara itu, Zhang et al. (2018) dalam *Journal of Hazardous Materials* mengevaluasi efektivitas bioremediasi untuk membersihkan air tanah yang terkontaminasi BTEX. Referensi lebih lanjut dapat ditemukan di database akademik seperti *ScienceDirect* atau *SpringerLink* dengan kata kunci seperti *groundwater contamination remediation* atau *petrol station leak detection*.

Kebijakan dan Regulasi yang Berlaku

Indonesia telah memiliki beberapa regulasi untuk mengatasi pencemaran lingkungan, termasuk pencemaran air tanah. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup mengatur tanggung jawab pelaku usaha dalam mencegah dan menanggulangi pencemaran lingkungan. Selain itu, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/6/2021 tentang Baku Mutu Air

Tanah menetapkan standar kualitas air tanah yang harus dipatuhi. Namun, implementasi kebijakan ini seringkali tidak optimal karena kurangnya pengawasan dan penegakan hukum. Implementasi kebijakan pengelolaan lingkungan di sektor SPBU menghadapi beberapa tantangan. Pertama, banyak SPBU yang tidak memiliki sistem deteksi kebocoran yang memadai atau tidak melakukan pemeliharaan rutin pada infrastruktur penyimpanan minyak. Kedua, peraturan tentang jarak aman antara SPBU dan sumber air tanah seringkali tidak dipatuhi. Selain itu, kurangnya kapasitas teknis dan sumber daya manusia di tingkat daerah menjadi kendala utama dalam implementasi peraturan ini. Koordinasi antara pemerintah, pelaku usaha, dan masyarakat juga masih lemah, sehingga banyak kasus pencemaran tidak terdeteksi atau tidak ditangani.

KESIMPULAN

Kebocoran minyak di SPBU Pasar Kepahiang telah menyebabkan pencemaran air tanah oleh senyawa BTEX (benzena, toluena, etilbenzena, dan xilena) yang bersifat karsinogenik dan sulit terurai. Meskipun teknologi deteksi seperti sensor *fiber optic* serta metode remediasi berupa bioremediasi dan *pump-and-treat* telah terbukti efektif, implementasinya masih terkendala oleh keterbatasan teknis dan lemahnya pengawasan. Selain itu, regulasi yang ada belum sepenuhnya dapat diimplementasikan secara optimal di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2021). *Toxicological Profile for Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes (BTEX).*

American Petroleum Institute. (2018). *Guidelines for Leak Detection and Repair*
.

Environmental Science & Technology Journal. (2019). Long-term Impacts of Underground Fuel Leaks on Groundwater Quality.

Hadi, S., et al. (2019). Evaluasi Implementasi Kebijakan Pengelolaan Lingkungan di Sektor SPBU. Jurnal Manajemen Hutan Tropis, 15(1), 78-90.

Journal of Environmental Management. (2020). *Advances in Leak Detection Technologies for Underground Storage Tanks.*

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). Nomor P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/6/2021 tentang Baku Mutu Air Tanah

International Organization for Standardization. (2017). ISO 16530-1: Well Integrity – Part 1: Life Cycle Governance.

Miller, G. T., & Spoolman, S. (2019). *Environmental Science*. Cengage Learning.
National Association of Corrosion Engineers. (2019). *Standards for Storage Tank Materials*.

Nurhayati, T., & Ramadhan, F. (2023). *Partisipasi Masyarakat dalam Pengawasan Pencemaran Lingkungan di Sekitar SPBU*. Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora, 14(1), 55-68.

Pratiwi, R., et al. (2020). Analisis Kandungan BTEX dalam Air Tanah Akibat Kebocoran Minyak di SPBU Jakarta. Jurnal Teknologi Lingkungan, 8(3), 112-125.

Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2018). Soil Pollution: A Hidden Reality. FAO.

Schwarzenbach, R. P., et al. (2010). *The Challenge of Micropollutants in Aquatic Systems*. Science, 313(5790), 1072-1077.

Stavins, R. N. (2018). *Market-based environmental policies: What can we learn from U.S. experience* (and related research) Resources for the Future, 23(4), 1-23

Sutrisno, A., & Suhartini, S. (2020). Dampak Kebocoran Minyak terhadap Kualitas Air Tanah di Sekitar SPBU. Jurnal Ilmu Lingkungan, 12(2), 45-56.

Suryani, D., et al. (2022). *Bioremediasi Air Tanah Tercemar Minyak: Studi Kasus di SPBU Bandung*. Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan, 7(2), 89-102.

United Nations Environment Programme. (2017). Guidelines for Environmental Compliance and Enforcement in the Petroleum Sector.

United States Environmental Protection Agency. (2020). *Corrosion Prevention and Control for Underground Storage Tanks*.

Wibowo, A., et al. (2021). Penerapan Teknologi Deteksi Kebocoran Minyak di SPBU Modern. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan, 10(4), 200-215.

World Health Organization (WHO). (2017). Guidelines for Drinking-water Quality. 4th Edition. Geneva: WHO Press.

World Health Organization. (2018). *Guidelines for Drinking-water Quality: Managing Water Quality Risks*.

Zhang, Y., et al. (2018). "*Bioremediation of BTEX-contaminated groundwater using microbial consortia*." Journal of Hazardous Materials.