

Potensi Pencemaran Bahan Bakar Minyak (BBM) terhadap Air Tanah Daerah Pleret, Bantul (Studi Kasus SPBU 44.557.01 Yogyakarta)

Athallah Bayu Saputro¹⁾ dan Angga Aditya Putra Tanjung¹⁾

¹⁾ Program Sarjana Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
Corresponding Author: Athallah Bayu Saputro (Email: athallah.bayu.saputro@mail.ugm.ac.id)

Abstract

Groundwater is an important aspect that is widely used in life. One source of groundwater pollution in the community is the leakage of underground storage tanks or fuel oil pipelines. This study aims to determine the zoning of potential groundwater pollution by fuel in the area around gas station 44.557.01 Yogyakarta. The research method used is the LeGrand method which is specifically used for pollution assuming the source of pollution comes from one point. This method considers five physical environmental factors, namely the depth of the groundwater table, absorption capacity in the unsaturated zone, aquifer permeability, slope of the groundwater table, and horizontal distance to the gas station. Determination of groundwater pollution potential is based on the total score of the five factors by considering the direction of groundwater flow. The results showed that fuel pollution to groundwater in the area around Gas Station 44.557.01 Yogyakarta can be classified into 3 categories: low (79% area), medium (8% area), and high (13% area).

Keywords: groundwater, LeGrand, fuel pollution, gas station, Yogyakarta

1. Pendahuluan

Air tanah merupakan aspek penting yang digunakan secara luas dalam kehidupan. Namun, peningkatan aktivitas manusia dan pembangunan infrastruktur secara masif dapat meningkatkan potensi pencemaran lingkungan, termasuk air tanah. Salah satu sumber pencemaran air tanah adalah Bahan Bakar Minyak (BBM) yang disebabkan oleh adanya kebocoran tangki penyimpanan bawah tanah atau pipa saluran di SPBU. Banyak faktor yang menyebabkan terjadinya kebocoran, diantaranya adalah faktor usia tangki timbun yang telah lama, material tangki timbun yang mengalami proses korosi di dalam tanah, dan faktor bencana alam seperti gempa bumi yang memicu retaknya dinding tangki timbun. Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan kontaminan hidrokarbon yang mengandung banyak senyawa kompleks, salah satunya adalah hidrokarbon aromatik yang mudah menguap, mudah terbakar, dan mudah berpindah di lingkungan sehingga diklasifikasikan sebagai Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) serta memiliki efek karsinogenik.

Penelitian mengenai potensi pencemaran BBM dengan metode LeGrand pernah dilakukan sebelumnya pada lokasi SPBU yang berbeda, sehingga penelitian zonasi pencemaran air tanah pada SPBU 44.557.01 Yogyakarta belum pernah dilakukan. Area penelitian diduga memiliki potensi kecil hingga sedang untuk mengalami pencemaran air tanah karena tidak ada riwayat kasus kebocoran tangki SPBU. Meskipun demikian, kebocoran tangki SPBU sangat mungkin terjadi dan akan menimbulkan dampak negatif bagi pemukiman padat penduduk di sekitarnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi pencemaran BBM terhadap air tanah bebas berdasarkan 5 faktor fisik alami lingkungan, yaitu kedalaman muka air tanah, daya serap pada zona tak jenuh, permeabilitas akuifer, kemiringan muka air tanah, dan jarak horizontal terhadap sumber pencemar.

2. Data

Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder, data primer berupa hasil observasi lapangan yang mencakup

persebaran sumur, kedalaman muka air tanah, ketinggian muka air tanah, dan litologi. Sedangkan data sekunder merupakan data hasil penelitian yang telah dilakukan di Kecamatan Pleret.

Data Primer

Data primer yang diperoleh bertujuan untuk mengetahui kondisi hidrogeologi di lokasi penelitian. Persebaran sumur pada lokasi penelitian digunakan untuk mengetahui pola aliran air tanah dan kemungkinan penyebaran kontaminan dari SPBU ke sumur warga. Pengukuran kedalaman muka air tanah dilakukan dengan mengukur kedalaman dari permukaan tanah hingga mencapai muka air tanah menggunakan meteran.

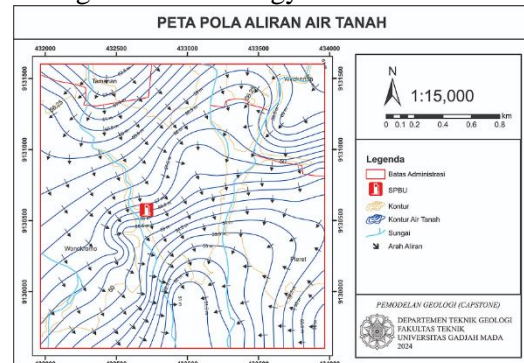


Gambar 1. Pengambilan data kedalaman muka air tanah

Data kedalaman muka air tanah dihitung dari hasil pengurangan Tinggi Muka Airtanah (TMA) SPBU dengan TMA sumur sampling. Kedalaman muka airtanah dari dasar tangki (jarak tangki timbun ke muka airtanah) diperoleh dari data kedalaman muka airtanah, ketinggian tempat sampling di atas permukaan air laut, ketinggian SPBU di atas permukaan air laut, dan dalamnya tangki dipendam.

Ketinggian muka air tanah yang ditentukan dengan mengacu pada elevasi muka air tanah dari masing-masing sumur yang dapat digunakan untuk membuat peta kontur air tanah (Gambar 2) yang berguna dalam menganalisis arah aliran air tanah, sehingga dapat memperkirakan jalur migrasi

kontaminan BBM. Dari peta pola aliran tanah (Gambar 2) diketahui bahwa arah aliran mengalir dari utara ke selatan, sesuai dengan cekungan air tanah Yogyakarta-Sleman.



Gambar 2. Peta pola aliran air tanah lokasi penelitian

Data litologi atau tekstur tanah pada zona tak jenuh diperoleh melalui pengamatan langsung di lokasi penelitian. Data ini dapat digunakan untuk menentukan permeabilitas dan porositas yang mempengaruhi kemampuan tanah untuk menyerap polutan, serta laju pergerakan pencemar dalam air tanah.

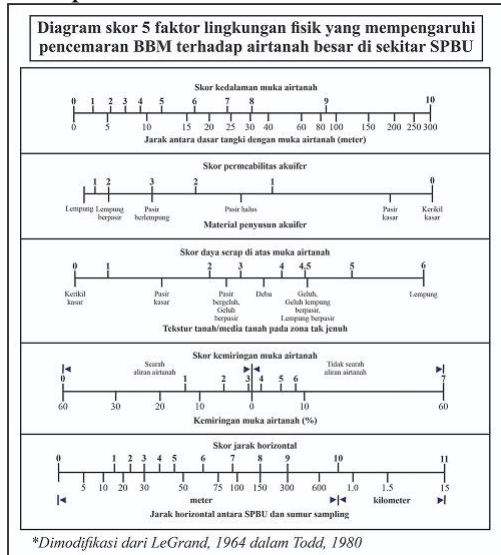
Data Sekunder

Data sekunder yang diperoleh bertujuan untuk membantu dalam interpretasi karakteristik material penyusun akuifer, seperti pasir, lempung, atau kerikil. Material penyusun akuifer diperoleh berdasarkan interpretasi data sumur bor yang ada di sekitar lokasi penelitian. Penentuan materi akuifer berdasarkan interpretasi sumur bor memperhatikan ketinggian tempat sumur bor, kedalaman sumur bor, dan ketinggian muka airtanah tiap sumur sampling (Anam, 2018).

3. Metodologi

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif jenis non-eksperimen yang mengacu pada metode LeGrand (1964). Tahap penelitian dibagi menjadi beberapa tahap yaitu tahap pertama adalah tahap pendahuluan mencakup studi pustaka, perumusan masalah, penyusunan hipotesis, dan pengumpulan data sekunder. Tahap kedua adalah tahap pekerjaan lapangan yang mencakup pengambilan data lapangan seperti persebaran sumur, kedalaman muka air tanah, ketinggian muka air tanah, dan litologi. Tahap ketiga adalah tahap pengolahan dan analisis data yang mencakup pembuatan peta jarak horizontal terhadap

SPBU, peta jarak dasar tangki dan muka air tanah, peta kemiringan muka air tanah, peta material penyusun akuifer, dan peta tekstur tanah pada zona tak jenuh dengan melakukan skoring pada setiap parameter yang mengacu dari skor modifikasi LeGrand (1964) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram skor 5 faktor lingkungan fisik yang mempengaruhi pencemaran BBM terhadap air tanah (LeGrand, 1964 dalam Todd, 1980)

Penelitian dilakukan di area sekitar SPBU 44.557.01 Yogyakarta dengan ukuran kavling $2 \text{ km} \times 2 \text{ km}$. Parameter fisik lingkungan meliputi kedalaman muka air tanah, daya serap pada zona tak jenuh, permeabilitas akuifer, kemiringan muka air tanah, dan jarak horizontal terhadap SPBU. Setiap parameter akan direpresentasikan oleh peta dan diklasifikasikan menggunakan nilai skor modifikasi LeGrand (1964) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai skoring potensi pencemaran tanah (LeGrand, 1964)

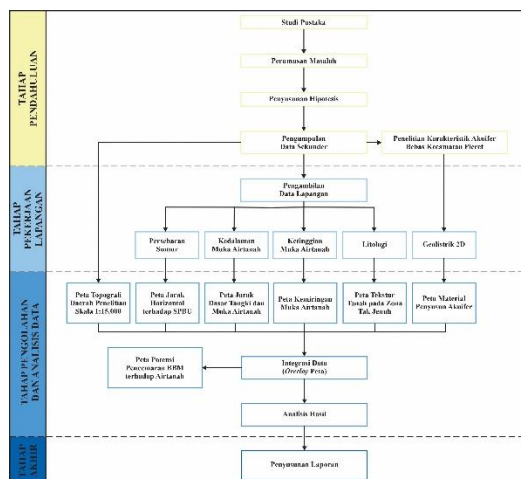
No	Skor Total	Kelas Potensi Pencemaran
1	0 – 4	Sangat besar
2	4 – 8	Besar
3	8 – 12	Sedang
4	12 – 25	Kecil
5	25 – 35	Sangat kecil

Kedalaman Muka Air Tanah

Jarak antara dasar tangki BBM dan muka air tanah menentukan kecepatan polutan mengalir ke dalam akuifer air tanah. Semakin dangkal kedalaman muka air tanah maka jarak vertikal dengan sumber pencemar akan semakin dekat sehingga potensi terjadinya pencemaran tinggi. Kedalaman muka air tanah diperoleh melalui pengukuran langsung pada sumur menggunakan roll meter, diukur dari permukaan tanah hingga mencapai muka air tanah.

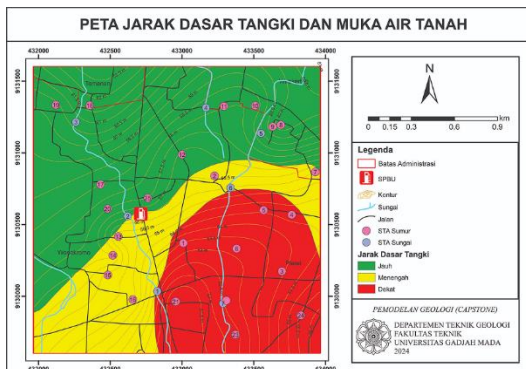
$$\text{Jarak} = \text{TMA SPBU} - \text{TMA sumur}$$

Jarak antara dasar tangki dan muka air tanah dengan rata-rata 4,1 m diklasifikasikan jauh, memiliki luas pelamparan 49%, dan skor 1,7. Jarak antara dasar tangki dan muka air tanah dengan rata-rata 2,8 m diklasifikasikan menengah, memiliki luas pelamparan 23%, dan skor 1. Jarak antara dasar tangki dan muka air tanah dengan rata-rata 1,5 m diklasifikasikan dekat, memiliki luas pelamparan 28%, dan skor 0,5.



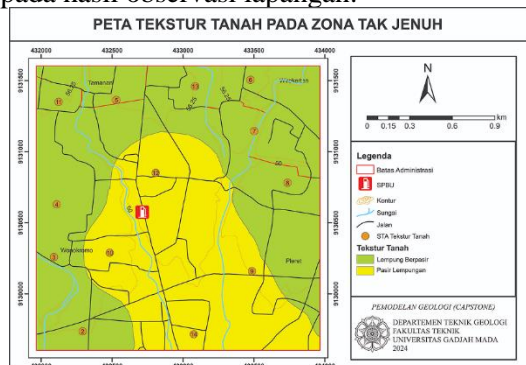
Gambar 4. Diagram alir penelitian
Kemudian kelima peta tersebut diintegrasikan dengan cara overlay yang menghasilkan peta potensi pencemaran BBM terhadap air tanah di daerah penelitian dan dilakukan analisis hasil. Tahap terakhir adalah tahap penyusunan laporan. Diagram alir tahapan metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.

4. Hasil dan Pembahasan



Gambar 5. Peta jarak dasar tangki dan muka air tanah **Daya Serap Pada Zona Tak Jenuh**

Tekstur tanah pada zona tak jenuh memengaruhi kemampuan tanah untuk menyerap polutan. Tanah dengan tekstur kasar memiliki porositas dan permeabilitas yang tinggi sehingga dapat menyerap polutan dengan cepat dan menyebabkan potensi pencemaran menjadi tinggi. Pembagian tekstur tanah pada zona tak jenuh mengacu pada hasil observasi lapangan.

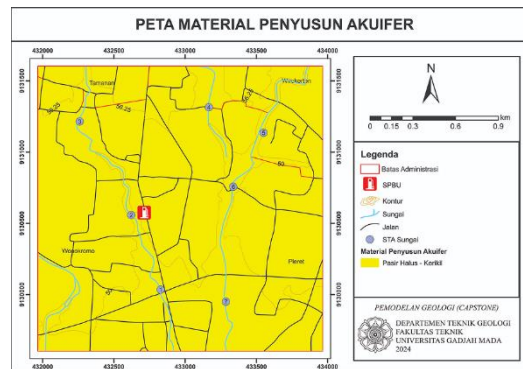


Gambar 6. Peta persebaran tekstur tanah pada zona tak jenuh

Material lempung pasiran memiliki luas pelampiran 60% berada di bagian utara kavling dan diberi skor 4,5. Material pasir lempungan memiliki luas pelampiran 40% berada di bagian selatan kavling dan diberi skor 2,5.

Permeabilitas Akuifer

Permeabilitas batuan memengaruhi kemampuan polutan yang terlarut dalam air untuk mengalir di dalam lapisan akuifer. Batuan dengan ukuran butir yang kasar memiliki permeabilitas yang tinggi sehingga menyebabkan polutan mengalir lebih cepat dan lebih jauh. Pembagian material penyusun akuifer mengacu pada data sekunder hasil penelitian yang telah dilakukan di Kecamatan Pleret.



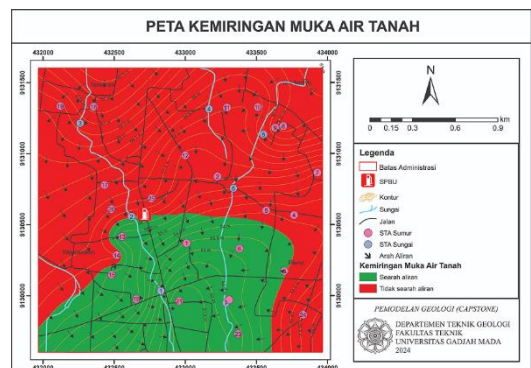
Gambar 7. Peta material penyusun akuifer

Area penelitian disusun oleh satu tubuh akuifer yang sama yaitu pasir halus – kerikil dan memiliki skor 0,6.

Kemiringan Muka Air Tanah

Kemiringan dan arah aliran air tanah memengaruhi kecepatan dan arah penyebaran polutan. Semakin tinggi persentase kemiringan muka air tanah yang searah dengan aliran air tanah maka kecepatan penyebaran polutan juga semakin tinggi. Kemiringan muka air tanah ditentukan berdasarkan peta kontur muka air tanah.

$$i = \frac{\text{Perubahan tinggi muka air tanah}}{\text{Jarak sumur}} \times 100\%$$



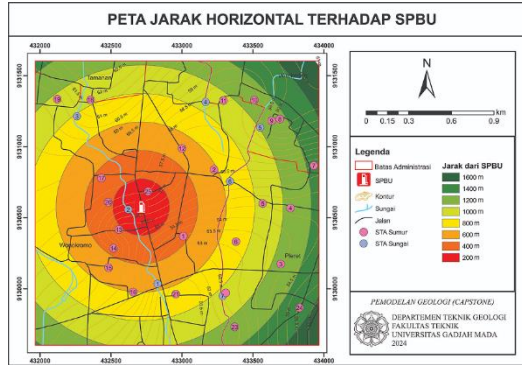
Gambar 8. Peta kemiringan muka air tanah

Kemiringan muka air tanah dengan rata-rata 1% dan searah aliran air tanah memiliki luas pelampiran 33% dan skor 3. Kemiringan muka air tanah dengan rata-rata 2% dan tidak searah aliran air tanah memiliki luas pelampiran 67% dan skor 4.

Jarak Horizontal Terhadap SPBU

Jarak horizontal menentukan waktu tempuh polutan menuju sumber air. Jarak yang dekat terhadap sumber polutan akan meningkatkan potensi pencemaran.

Perhitungan jarak horizontal antara sumur terhadap SPBU dilakukan melalui *software* ArcGIS dengan tetap mempertimbangkan arah aliran air tanah.

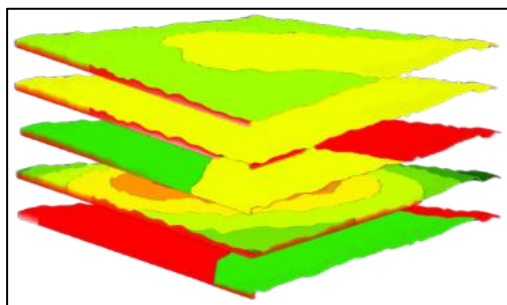


Gambar 9. Peta jarak horizontal antara sumur terhadap SPBU

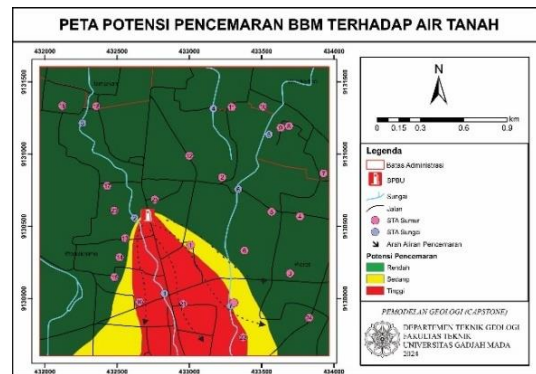
Jarak horizontal antara sumur terhadap SPBU diklasifikasikan ke dalam 8 kelas yaitu radius 200 m memiliki luas pelamparan 3% dan skor 8,5; radius 400 m memiliki luas pelamparan 9% dan skor 9,2; radius 600 m memiliki luas pelamparan 16% dan skor 9,6; radius 800 m memiliki luas pelamparan 21% dan skor 10; radius 1000 m memiliki luas pelamparan 23% dan skor 10,2; radius 1200 m memiliki luas pelamparan 17% dan skor 10,4; radius 1400 m memiliki luas pelamparan 9% dan skor 10,5; radius 1600 m memiliki luas pelamparan 2% dan skor 10,6.

Integrasi Data

Penentuan potensi pencemaran air tanah dilakukan berdasarkan skor total dari 5 faktor fisik lingkungan yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Overlay 5 faktor fisik lingkungan, berturut-turut dari bawah adalah faktor kemiringan muka air tanah, jarak horizontal terhadap SPBU, kedalaman muka air tanah, permeabilitas akuifer, dan daya serap pada zona tak jenuh



Gambar 11. Peta potensi pencemaran BBM terhadap air tanah di lokasi penelitian

Potensi pencemaran BBM terhadap air tanah diklasifikasikan menjadi 3 zona seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11. Skor klasifikasi potensi pencemaran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi potensi pencemaran BBM di lokasi penelitian

Potensi Pencemaran BBM	Skor	Persentase Luas Area
Rendah	19,4 – 21,4	79%
Sedang	17,5 – 19,4	8%
Tinggi	15,6 – 17,5	13%

Potensi pencemaran BBM yang rendah terletak di bagian utara dengan persentase luas 79%, rata-rata kedalaman MAT 1,5 m, tekstur tanah didominasi lempung pasiran, litologi penyusun akuifer berupa pasir halus - kerikil, rata-rata kemiringan muka air tanah 2% dan tidak searah aliran air tanah, serta berjarak <1600 m ke arah utara dari SPBU.

Potensi pencemaran BBM yang sedang terletak di bagian selatan – tenggara dan barat daya dengan persentase luas 8%, rata-rata kedalaman MAT 2,8 m, tekstur tanah pasir lempungan, litologi penyusun akuifer berupa pasir halus - kerikil, rata-rata kemiringan muka air tanah 1% dan searah aliran air tanah, serta berjarak <1000 m ke arah selatan dari SPBU.

Potensi pencemaran BBM yang tinggi terletak di bagian selatan – tenggara dengan persentase luas 13%, rata-rata kedalaman MAT 4,1 m, tekstur tanah pasir lempungan, litologi penyusun akuifer berupa pasir halus - kerikil, rata-rata kemiringan muka air tanah 1% dan searah aliran air tanah, serta berjarak <1000 m ke arah selatan dari SPBU.

5. Kesimpulan

Berdasarkan metode LeGrand (1964), lokasi penelitian memiliki total skor 15,6 – 21,4 dan termasuk ke dalam potensi kecil untuk mengalami pencemaran air tanah. Oleh karena itu, dilakukan modifikasi metode LeGrand (1964) sehingga potensi pencemaran BBM terhadap air tanah di area sekitar SPBU 44.557.01 Yogyakarta dapat diklasifikasikan menjadi 3 yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Daerah dengan potensi pencemaran yang tinggi berada cenderung ke arah selatan yang searah dengan aliran air tanah.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Geologi FT UGM yang sudah memberikan segala ilmu serta tenaga pengajar berkualitas dalam usaha penulisan artikel ini. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada teman-teman penulis yang membantu dalam pengambilan data penelitian dalam artikel ini.

Daftar Notasi

TMA = *Tinggi Muka Airtanah*

i = *kemiringan muka air tanah (%)*

Daftar Pustaka

- Anam, N.K dan Adji, T.N. (2018). Karakteristik Akuifer Bebas Pada Sebagian Cekungan Air Tanah (CAT) Yogyakarta-Sleman Di Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Bumi Indonesia* 7, 260721.
- Fetter, C.W. (1999). *Contaminant Hydrogeology* (Prentice Hall) (2nd ed., pp. 264-317).
- Muryani, E. (2005). Zonasi Potensi Pencemaran Bahan Bakar Minyak terhadap Airtanah Bebas (Studi Kasus SPBU 44.552.10 Yogyakarta). *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan* 4, 114-124.
- Notodarmojo, S. (2005). *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. Institut Teknologi Bandung.
- Soemirat, J. (2005). *Toksikologi Lingkungan Cetakan ke-2*. Gadjah Mada University Press.
- Todd, D.K. (1980). *Groundwater Hydrology Second Edition*. John Wiley and Sons Inc. (2nd ed, pp. 251-289).