

# SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK IDENTIFIKASI AWAL TINGKAT KERENTANAN PENCEMARAN PADA LOKASI FASILITAS PENAMPUNGAN PRODUK MINYAK DAN GAS BUMI

Indah Crystiana<sup>1</sup>, Taufan Junaedi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “Lemigas”  
Email: <sup>1</sup>indahcrystiana@gmail.com, <sup>2</sup>taufanjunaedi@gmail.com

(Naskah masuk: 18 Maret 2022, diterima untuk diterbitkan: 11 April 2022)

## Abstrak

Pembangunan fasilitas penampungan produk migas merupakan salah satu kegiatan migas di sektor hilir. Dampak yang umum terjadi pada lingkungan dari adanya kegiatan migas berupa pencemaran baik tanah, air, ataupun udara, untuk itu tujuan studi ini adalah melakukan identifikasi awal tingkat kerentanan pencemaran, agar area yang rentan terhadap pencemaran menjadi perhatian utama bagi pengelola kegiatan. Hasil identifikasi awal tingkat kerentanan pencemaran ditunjukkan dalam peta tingkat kerentanan terhadap pencemaran yang diolah menggunakan sistem informasi geografis dengan menggunakan metode interpolasi, reklasifikasi, pembobotan, dan tumpang susun. Hasil identifikasi awal tingkat kerentanan pencemaran pada lokasi fasilitas penampungan produk minyak dan gas bumi, dibedakan menjadi 3 (tiga) kelas tingkat kerentanan yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Daerah studi berada pada tingkat kerentanan sedang hingga tinggi. Tingkat kerentanan tinggi berada dekat laut. Kondisi tersebut cukup berbahaya kalau terjadi pencemaran maka potensi laut tercemar juga cukup tinggi. Jika polutan sampai laut kondisi tersebut akan sulit dikendalikan, karena akan berdampak pada ekosistem air laut ataupun ekosistem pantai di sekitar area ORF. Berdasar kondisi tersebut perlu perhatian tinggi dalam pengelolaannya.

**Kata kunci:** sistem informasi geografi, tingkat kerentanan pencemaran, pencemaran

## ***GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR EARLY IDENTIFICATION OF POLLUTION VULNERABILITY LEVELS AT THE LOCATION OF OIL AND GAS PRODUCT STORAGE FACILITIES***

### ***Abstract***

*Construction of oil and gas product storage facilities is one of the oil and gas activities in the downstream sector. A common impact on the environment from oil and gas activities is in the form of contamination of soil, water, or air. Therefore, the purpose of this study is to identify the initial level of vulnerability to pollution, so that areas prone to pollution become the main concern for activity managers. The results of the initial identification of the level of vulnerability to pollution are shown in a map of the level of vulnerability to pollution which is processed using a geographic information system using the methods of interpolation, reclassification, weighting, and overlapping. The results of the initial identification of the level of vulnerability to pollution at the location of the oil and gas product storage facilities are divided into 3 (three) classes of vulnerability levels, namely low, medium, and high. The study area is at a moderate to high level of vulnerability. The high level of vulnerability is near the sea. This condition is quite dangerous if there is pollution, the potential for polluted seas is also quite high. If the pollutant reaches the sea, this condition will be difficult to control, because it will have an impact on the marine ecosystem or coastal ecosystem around the ORF area. These conditions need high attention in its management.*

**Keywords:** geographic information system, level of vulnerability to pollution, pollution

## **1. PENDAHULUAN**

Pembangunan fasilitas penampungan produk migas merupakan salah satu kegiatan migas di sektor hilir. Kegiatan migas tersebut mempunyai arti penting dalam usaha untuk mendukung kelancaran lifting, selain itu juga untuk mendukung kelancaran penyaluran dan monetisasi produk. Namun demikian,

kegiatan tersebut bukan berarti tidak memberikan dampak, terutama dampak terhadap lingkungan. Dampak yang umum terjadi terhadap lingkungan adalah adanya pencemaran baik terhadap udara, tanah, ataupun air.

Salah satu usaha yang harus dilakukan oleh badan usaha pengelola fasilitas penampungan produk untuk

mengantisipasi adanya pencemaran adalah dengan melakukan penilaian lingkungan. Proses penilaian lingkungan tersebut biasa dikenal dengan istilah *Environmental Sites Assessment (ESA)*. *Environmental Sites Assessment (ESA)* merupakan proses investigasi dan penilaian jika kontaminasi ke tanah dan air bawah tanah yang telah terjadi di situs atau properti, tingkat dan luasan distribusi dan migrasi bahan kimia; dan penilaian ancaman terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. ESA dalam pengertian umum adalah untuk menentukan dampak dari faktor lingkungan yang berperan dalam mencemari aset dan menentukan implikasi *financial/keuangan* yang terlibat dalam tindakan perbaikan [1][2]. Wilayah pesisir sensitif terhadap interaksi darat-laut dan dapat sangat dipengaruhi oleh polutan dari kegiatan industri. Logam merupakan kontaminan penting di lingkungan laut yang dapat berasal dari aktivitas alam dan antropogenik. Logam umumnya memiliki kelarutan rendah yang mudah diserap dan mengendap menjadi sedimen di lingkungan perairan [3].

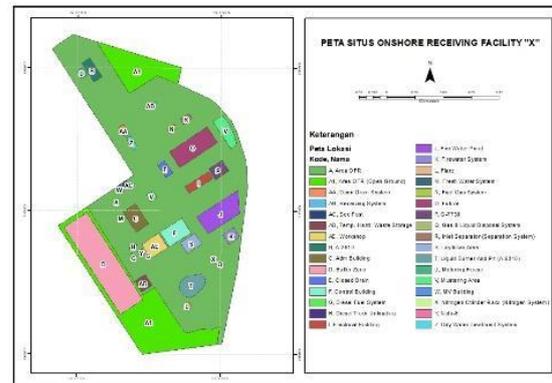
Pada studi ini, melakukan identifikasi awal tingkat kerentanan pencemaran, terutama pencemaran terhadap tanah dan air tanah di lokasi penampungan produk migas menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG adalah sistem informasi yang berbasis data spasial (keruangan). Sistem informasi spasial yang menggabungkan geografi dengan kartografi, penginderaan jauh, dan ilmu komputer. Sistem teknis untuk mengumpulkan, menyimpan, mengelola, menganalisis, menampilkan, dan memberikan informasi baru dengan dukungan perangkat keras dan perangkat lunak [4]. Melalui SIG faktor yang mempengaruhi tingkat kerentanan dapat dipetakan dan dianalisis dengan lebih cepat dan baik, karena secara visual dapat menggambarkan kondisi geografis lokasi yang sedang dievaluasi/analisis.

Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan identifikasi awal tingkat kerentanan pencemaran yang merupakan salah satu bagian dari kegiatan ESA Phase I. Studi identifikasi awal tingkat kerentanan pencemaran pada lokasi fasilitas penampungan hasil produk minyak dan gas bumi diharapkan dapat memberikan gambaran tingkat penyebaran polutan jika pada lokasi penampungan mengalami pencemaran, dan titik-titik lokasi mana yang perlu dijadikan perhatian utama meskipun dalam kondisi aman, apalagi terjadi terjadi kecelakaan yang dapat menimbulkan pencemaran.

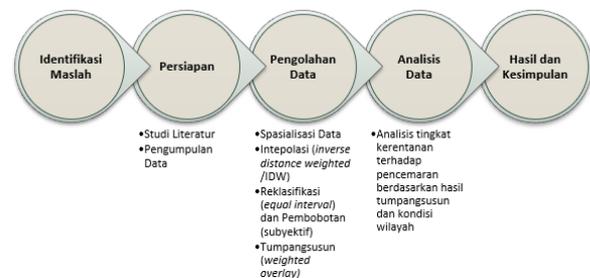
## 2. METODE PENELITIAN

Identifikasi awal tingkat kerentanan pencemaran di fasilitas penampungan produk minyak dan gas bumi, dilakukan di salah satu *Onshore Receiving Facility (ORF)* di Indonesia (ORF "X"). Identifikasi tingkat kerentanan ini dimaksudkan untuk memetakan titik-titik area yang sensitif terhadap polutan atau area paling terdampak jika lokasi studi terjadi kecelakaan yang dapat menimbulkan

pencemaran, sehingga area tersebut menjadi target pengamanan yang pertama. Pada Gambar 1 ditunjukkan peta situs lokasi studi. Pada Gambar 2 ditunjukkan diagram alir studi.



Gambar 1. Peta Situs Onshore Receiving Facility "X" (daerah studi)



Gambar 2. Diagram Alir Studi

## 2.1 MATERIAL DAN METODE

Titik berat identifikasi awal tingkat kerentanan pencemaran pada studi ini adalah identifikasi kemungkinan terjadinya pencemaran terhadap tanah dan air tanah di lokasi penampungan produk migas. Penentuan tingkat kerentanan pencemaran dilakukan dengan memanfaatkan sistem informasi geografi. Hasil identifikasi awal tingkat kerentanan pencemaran ditunjukkan dalam peta tingkat kerentanan terhadap pencemaran di lokasi studi. Data pengukuran diperoleh dari data pengukuran studi terdahulu. Data yang dipergunakan dalam studi ini yaitu peta situs, data geologi dan tanah, data hasil pengukuran topografi, data tinggi muka air tanah, jenis tanah dan pengukuran infiltrasi, perkolasi, dan permeabilitas. Metode yang digunakan untuk mendapatkan peta tingkat kerentanan pencemaran di lokasi studi yaitu metode interpolasi, metode reklasifikasi dan pembobotan, dan metode tumpang susun.

### 2.1.1 Interpolasi

Interpolasi spasial adalah metode untuk memperkirakan data di daerah yang berdekatan dan memperkirakan titik-titik yang tidak diketahui (informasinya hilang atau tidak dapat diperoleh) dengan data pengamatan yang tersedia. Teknik interpolasi dapat berupa interpolasi geostatistik dan

interpolasi deterministik. Terdapat beberapa teknik interpolasi geostatistik diantaranya *ordinary Kriging* (OK), *universal Kriging* (UK), *local polynomial interpolation* (LP), *inverse distance weighted* (IDW), Spline, dan lain lain [5][6][7]. Penting untuk diketahui bahwa ketika menggunakan metode interpolasi spasial, tidak mungkin memastikan reproduksi nilai sebenarnya dalam skema output. Untuk alasan ini, hasil harus dipertimbangkan untuk posisi tertentu sebagai nilai yang diharapkan, bukan nilai sebenarnya [8]. Pada studi ini metode IDW yang digunakan untuk interpolasi. IDW menggunakan angka terukur dari titik terdekat, yang diberi bobot per jaraknya dari titik yang diinterpolasi.

### 2.1.2 Reklasifikasi dan Pembobotan

Analisis untuk pengambilan keputusan multi-kriteria berbasis SIG merupakan proses menggabungkan dan mengubah data spasial untuk menghasilkan suatu keputusan. Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu metode pembobotan. Metode ini merupakan konsep rerata tertimbang yang biasanya untuk merepresentasikan tingkat kedekatan, keterkaitan, atau beratnya dampak tertentu pada suatu fenomena spasial. Kriteria distandarisasi ke rentang numerik umum, dan kemudian digabungkan. Pembobotan diberikan untuk semua atribut, total skor keseluruhan tertinggi yang dipilih [9][10]. Pembobotan dapat dilakukan secara obyektif dengan perhitungan statistic atau subyektif penetapannya berdasarkan pertimbangan pemahaman tentang kriteria tertimbang. Sebelum dilakukan pembobotan terhadap atribut yang ditimbang, dilakukan reklasifikasi terhadap semua atribut. Setiap atribut diklaskan menjadi 3 (tiga) klas dengan teknik *equal interval* dengan pertimbangan data yang digunakan pada studi ini merupakan data pengukuran pada saat lingkungan belum terganggu kegiatan ORF

### 2.1.3 Tumpang Susun

Metode tumpang susun atau biasa disebut dengan *overlay* merupakan teknik menggabungkan beberapa peta yang telah diberi bobot sehingga dihasilkan peta komposit yang memiliki informasi baru. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, pada studi ini digunakan metode *weighted overlay*. Metode *weighted overlay* merupakan pembobotan numerik yang diberikan untuk setiap lapisan kriteria sesuai dengan kepentingan relatifnya dibandingkan dengan semua lapisan lainnya. Setiap raster diberi pengaruh persentase. Nilai sel dikalikan dengan pengaruh persentasenya, dan hasilnya ditambahkan bersama untuk membuat raster keluaran. Total nilai yang tertinggi merupakan lokasi yang perlu diperhatikan [11][12][13].

## 2.2 ANALISIS DATA

Analisis komponen lingkungan yang perlu diperhatikan saat melakukan identifikasi tingkat kerentanan pencemaran pada lokasi fasilitas

penampungan produk minyak dan gas bumi, yaitu lokasi dan potensi polutan, topografi, muka air tanah, dan faktor pendukung pergerakan air seperti faktor infiltrasi, jenis tanah, perkolasi, dan permeabilitas. Komponen tersebut saling mendukung dan mempengaruhi satu dengan yang lainnya. Untuk menentukan skala prioritas penanganan hasil penjumlahan atribut tertimbang dikelaskan kembali menjadi 3 (tiga), yaitu kelas 1 rendah, kelas 2 sedang, kelas 3 tinggi. Lokasi yang masuk dalam kategori sensitive maka lokasi tersebut merupakan daerah yang perlu mendapatkan perhatian dibandingkan kategori lainnya

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi awal tingkat kerentanan pencemaran pada daerah studi didasarkan pada beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi cepat lambatnya polutan dapat meresap di dalam tanah. Faktor lingkungan yang mempengaruhi yaitu lokasi dan potensi polutan, topografi, muka air tanah, dan faktor pendukung pergerakan air seperti faktor infiltrasi, jenis tanah, perkolasi, dan permeabilitas. Untuk memudahkan dalam melakukan analisis dan identifikasi setiap faktor lingkungan tersebut dipetakan karena data hasil pengukuran dan uji laboratorium secara spasial kurang memberikan gambaran menyeluruh kondisi lokasi daerah studi. Hal tersebut disebabkan data pengukuran dan uji laboratorium hanya pada titik lokasi terpilih. Berdasarkan hal tersebut maka peran SIG sangat diperlukan, selain dapat menampilkan posisi data di lokasi sesungguhnya, SIG dalam pemodelannya dapat menyebarkan informasi data tersebut di titik atau lokasi yang belum ada datanya. Pemodelan dalam SIG yang sering digunakan dikenal dengan istilah interpolasi. Pada Gambar 3 ditunjukkan pemetaan faktor lingkungan yang digunakan untuk identifikasi awal tingkat kerentanan pencemaran pada lokasi penampungan produk minyak dan gas bumi.

Gambar 3 adalah peta hasil interpolasi data pengukuran faktor lingkungan dalam identifikasi awal tingkat kerentanan pencemaran di lokasi penampungan produk migas. Distribusi nilai ditunjukkan oleh gradasi warna dan garis kontur. Simbol gradasi warna pada peta merupakan salah satu metode choropleth dalam merepresentasikan data agar lebih mudah dianalisis secara visual, demikian juga dengan garis kontur. Gradasi warna secara kualitatif membantu melihat tinggi rendahnya nilai spasial, dan garis kontur secara kuantitatif menunjukkan nilai suatu titik. Selain peta jenis tanah, peta studi ini menggunakan gradasi dalam simbolisasi. Gradasi warna yang digunakan dari merah menuju biru, dimana merah menyimbolkan nilai tertinggi dan biru nilai terendah. Peta jenis tanah warna yang digunakan merupakan warna standar yang umum digunakan dalam simbol warna batuan, dimana warna kuning warna pasir, hijau warna clay

(lempung), dan abu-hitam untuk warna kandungan organik.

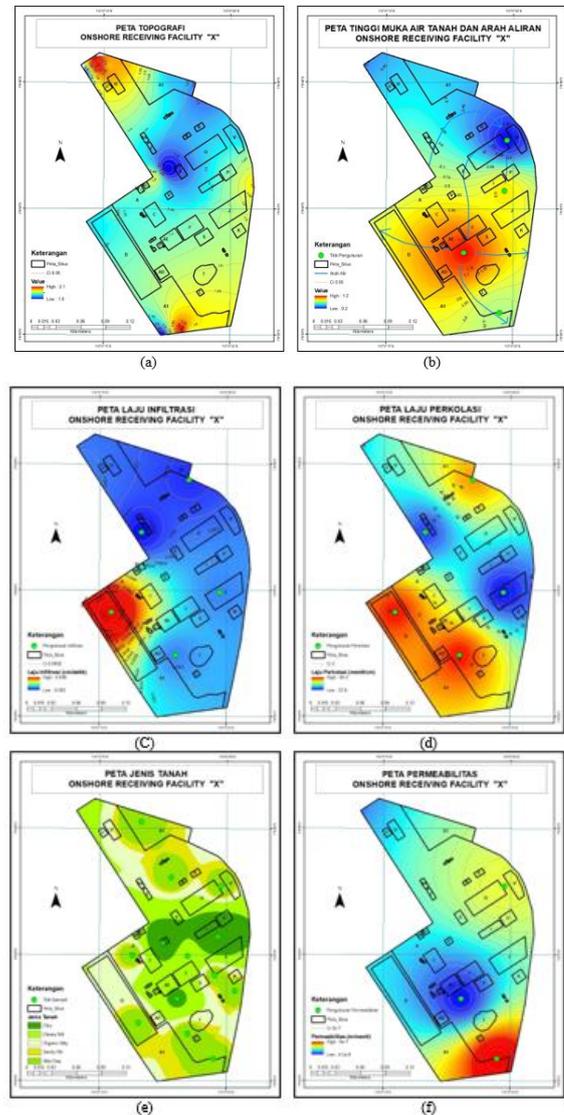
Gambar 3(a) menunjukkan peta topografi permukaan daerah studi. Topografi memperlihatkan relief permukaan yang mempengaruhi sistem pengaliran suatu daerah. Dalam proses pengalirannya, air membawa material atau zat kimia yang dilaluinya dan mengendapkannya di area yang paling rendah. Posisi terendah merupakan daerah yang rentan terhadap pencemaran. Berdasarkan hasil pengukuran dan pemetaan menggunakan metode interpolasi IDW diperoleh nilai topografi area ORF berkisar antara 1 – 2.1 m. Topografi tertinggi ada di bagian selatan dan barat laut ( $\pm 2.1$  m, berwarna merah), daerah terendah berada di tengah (berwarna biru), dengan tinggi topografi berkisar  $\pm 1$  m. Berdasarkan hal tersebut maka potensi daerah sangat rentan terhadap pencemaran adalah di lokasi yang berwarna biru, dan lokasi-lokasi warna kuning sampai dengan biru yang merupakan alur arah pengaliran air permukaan. Untuk mencegah dan meminimalkan kemungkinan terjadinya pencemaran maka aktivitas dan peralatan di bagian selatan untuk selalu mendapat perhatian yang lebih khusus.

Kondisi topografi berkaitan erat dengan tinggi muka air, karena topografi mempengaruhi arah aliran air tanah, dimana arah aliran air tanah dapat digunakan untuk mengetahui pola arah pencemaran. Arah aliran air dipengaruhi oleh tinggi rendahnya muka air tanah, semakin tinggi muka air tanah maka polutan lebih cepat sampai ke badan air. Muka air tanah adalah batas antara zona tak jenuh dan zona jenuh di bawah tanah. Air tanah bergerak dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Arah aliran air diketahui melalui pemetaan kontur air tanah. Pada Gambar 3(b) terlihat bahwa daerah yang rentan terhadap pencemaran berada pada bagian utara ORF (warna biru). Tinggi muka air tanah pada bagian utara  $\pm 0,2$  m dan arah aliran berpusat pada bagian tersebut.

Meskipun kondisi topografi dan tinggi muka air tanah mendukung cepat lambatnya pencemaran tanah dan air tanah, namun secara alami faktor geologi merupakan faktor yang paling dominan mempengaruhi kualitas tanah dan air tanah. Air hujan yang masuk melalui pori batuan, sehingga melarutkan zat yang terkandung batuan. Semakin lama air menempati suatu batuan maka semakin tinggi pula kandungan zat atau unsur yang terlarut. Faktor pendukung pergerakan air yang berkaitan erat dengan kondisi geologi yaitu faktor infiltrasi, perkolasi, permeabilitas, dan daya kapileritas yang ditunjukkan oleh jenis tanah pada lokasi studi. Faktor pendukung pergerakan air ditunjukkan pada Gambar 3(c) sampai dengan Gambar 3(f).

Pada Gambar 3(c) ditunjukkan peta laju infiltrasi, yaitu peta yang menampilkan laju masuknya air ke dalam tanah sebagai akibat gaya kapiler dan gravitasi. Laju infiltrasi dipengaruhi oleh jumlah air yang berada di permukaan tanah, sifat permukaan tanah, dan kemampuan tanah dalam

meloloskan air. Tanah yang bertekstur kasar mempunyai infiltrasi yang tinggi; sedangkan tanah yang bertekstur halus mempunyai infiltrasi kecil, sehingga dengan curah hujan yang cukup rendah pun dapat menimbulkan limpasan permukaan. Pada Gambar 3(c) laju infiltrasi paling besar berada pada bagian barat daya area ORF (warna merah).



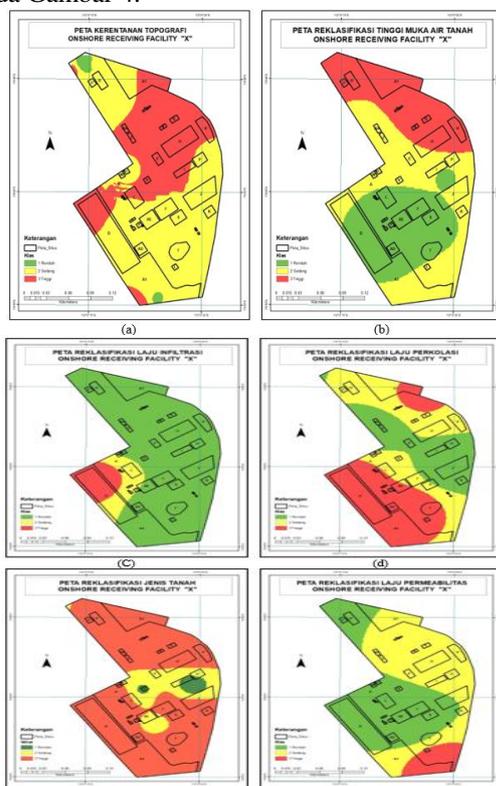
Gambar 3. Peta hasil interpolasi geostatistik

Perkolasi merupakan proses peresapan air melalui profil tanah karena gaya gravitasi, selain dipengaruhi oleh tekstur tanah dan permeabilitas. Air bergerak ke dalam tanah melalui celah atau pori tanah dan batuan menuju muka air tanah. Perkolasi terjadi setelah keadaan jenuh pada lapisan tanah bagian atas terlampaui, sebagian dari air tersebut mengalir ke tanah yang lebih dalam sebagai akibat gaya gravitasi. Pada Gambar 3(d) ditunjukkan laju perkolasi tertinggi terjadi di bagian selatan dan barat daya ORF.

Sejalannya proses infiltrasi dan perkolasi, air meresap ke dalam tanah mengalami proses kapilerisasi. Daya kapiler adalah gerakan air ke arah

lateral. Air tanah mengalir mengikuti daya kapilaritas tanah yang melawan gaya gravitasi. Gerakan molekul cenderung mengisi air tanah pada lapisan permukaan dari masing-masing partikel tanah. Daya kapiler mengisi air pada ruang-ruang kecil diantara partikel-partikel tanah dengan pola mengalir dari daerah dengan daya kapilaritas tinggi ke rendah. Daya kapiler ini sangat dipengaruhi oleh tekstur tanah. Tekstur tanah menunjukkan kasar halusnya tanah dengan perbandingan antara butir-butir pasir, debu, dan liat. Gerak kapilaritas air paling cepat adalah pada tanah pasir (bertekstur kasar). Daya kapiler dapat dicerminkan oleh jenis tanah yang berkembang. Pada Gambar 3(e) jenis tanah yang bersifat pasiran berkembang pada bagian selatan dan utara ORF. Pada Gambar 3(f) ditunjukkan peta permeabilitas pada area ORF. Permeabilitas tanah adalah kemampuan tanah dan batuan meloloskan zat cair, dimana semakin besar tingkat permeabilitasnya maka semakin mudah untuk meloloskan air/zat cair. Pada daerah studi permeabilitas tertinggi terdapat pada bagian selatan (warna merah) ORF.

Peta-peta pendukung untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan pencemaran di area penampungan produksi migas yang telah diinterpolasi sebelum dilakukan tumpang susun maka terlebih dahulu dilakukan reklasifikasi dengan teknik *equal interval*. Setiap peta direklasifikasikan menjadi 3 (tiga) kelas, tiap kelas merepresentasikan tingkat kerentanan. Klas 1 berarti rendah, klas 2 berarti sedang, dan kelas 3 berarti tinggi. Hasil reklasifikasi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta hasil reklasifikasi

Peta hasil reklasifikasi dilakukan tumpang susun untuk mendapatkan hasil identifikasi awal tingkat kerentanan terhadap pencemaran di lokasi penampungan produk minyak dan gas bumi. Metode yang digunakan yaitu metode *weighted overlay*, dimana setiap peta direklasifikasikan berdasarkan tingkat kerentanannya kemudian setiap sel dalam kelas dikalikan dengan nilai persentase pengaruh, dan seluruh hasilnya ditambahkan untuk mendapatkan hasil nilai tingkat kerentanan pencemaran di lokasi studi. Adapun prosentase pengaruh tiap kriteria yaitu topografi (25%), muka air tanah (15%), dan faktor pendukung pergerakan air seperti faktor infiltrasi (10%), jenis tanah (30%), perkolasi (10%), dan permeabilitas (10%). Hasil dari tumpang susun ditunjukkan pada Gambar 5.

Hasil identifikasi tingkatan kerentanan pada area studi dibedakan menjadi tiga kelas, yaitu tingkat kerentanan rendah, tingkat kerentanan sedang, dan tingkat kerentanan tinggi. Pada peta berturut-turut diberi warna hijau, kuning, dan merah. Tingkat kerentanan terhadap pencemaran ini menunjukkan bahwa pada daerah tersebut berpotensi memberikan faktor pendukung akan cepatnya terjadi pencemaran tanah dan air di area lokasi jika di daerah tersebut terdapat polutan. Berdasarkan hasil pengolahan dengan menggunakan metode *weighted overlay* seperti ditampilkan Gambar 5 terlihat bahwa daerah studi masuk dalam kategori tingkat kerentanan sedang hingga tinggi, area dengan tingkat kerentanan rendah teridentifikasi relatif tidak banyak, karena teridentifikasi pada area yang kecil.



Gambar 5. Peta tingkat kerentanan terhadap pencemaran di lokasi studi

Area yang tingkat kerentanan tinggi berada di sisi utara dan sedikit di bagian barat daya, area bagian utara berada cukup dekat dengan laut. Berdasarkan kondisi tersebut maka perlu perhatian yang cukup tinggi, dengan mengusahakan tidak terjadinya kebocoran terhadap peralatan yang digunakan ataupun memperhatikan tingkat keselamatan kerja dan prosedur Lingkungan Keselamatan dan

Kesehatan Kerja (LK3), karena jika terjadi pencemaran maka polutan tersebut selain mencemari daratan juga dengan cepat masuk ke laut sehingga menimbulkan pencemaran laut. Jika polutan sampai ke laut maka kondisi tersebut akan sulit terkendali, akibatnya akan berdampak pada ekosistem air laut ataupun ekosistem pantai di sekitar area ORF.

#### 4. KESIMPULAN

Sistem Informasi Geografis (SIG) sangat efektif dimanfaatkan untuk mendistribusikan data pengukuran dalam usaha dan identifikasi awal tingkat kerentanan terhadap pencemaran di lokasi penampungan produksi minyak dan gas bumi. Tingkat kerentanan hasil identifikasi adalah sedang hingga tinggi dan posisi penampungan yang berada dekat pantai. Berdasar hal tersebut maka perlu perhatian yang cukup tinggi dalam pengelolaannya, yaitu dengan mengusahakan tidak terjadi kebocoran terhadap peralatan yang digunakan ataupun memperhatikan tingkat keselamatan kerja dan prosedur Lingkungan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (LK3).

Perlu dilakukan uji perbandingan metode interpolasi geostatistik lainnya untuk mendapatkan hasil interpolasi yang mendekati kebenaran di lapangan, hal tersebut mengingat kondisi dibawah permukaan yang cukup kompleks

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] K.N. Sheth, "Envirovision For Valuation Of Contaminated Assets", *Indian Surveyor*, pp. 102 - 105, 2003.
- [2] Envirovision Inc., "Phase I Envirovision (Report)", 2018
- [3] H. Zhang, T.R. Walker, E. Davis, dan G. Ma, "Ecological risk assessment of metals in small craft harbour sediments in Nova Scotia, Canada", *Marine Pollution Bulletin*, Vol. xxx, pp. 1 - 10, 2019
- [4] Yun Xie, Binggeng Xie, Ziwei Wang, R. K. Gupta, M. Baz, dan M. A. Al Zain, "Geological Resource Planning and Environmental Impact Assessments Based on GIS", *Sustainability*, Vol. 906, pp. 1 - 12, 2022
- [5] Mirzaei, R. dan Sakizadeh, M., "Comparison of interpolation methods for the estimation of groundwater contamination in Andimeshk-Shush Plain, Southwest of Iran", *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23, pp. 2758-2769, 2016.
- [6] G.S. Bhunia, P. K. Shit, dan R. Maiti, "Comparison of GIS-based interpolation methods for spatial distribution of soil organic carbon (SOC)", *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, Vol. 17, pp. 114 - 126, 2018
- [7] ESRI, "What is empirical Bayesian kriging?", <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.7/help/analysis/geostatistical-analyst/what-is-empirical-bayesian-kriging-.htm> (diakses Januari 2022; tanggal artikel : -)
- [8] H.A. Hussain, S.A. Abdullah<sup>1</sup>, dan A.A. Al Maliki, "Using Spatial Analysis Methods to Evaluate the Soil Contamination of Baghdad City, Iraq", *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 2114, pp. 1 - 8, 2021
- [9] S. Drobne and A. Lisec, "Multi-attribute Decision Analysis in GIS: Weighted Linear Combination and Ordered Weighted Averaging", *Informatica*, Vol. 33, pp. 459-474, 2009.
- [10] D.M. Sihotang, "Metode Skoring dan Metode Fuzzy dalam Penentuan Zona Resiko Malaria di Pulau Flores", *JNTETI*, Vol. 5, pp. 302 - 308, 2016.
- [11] ESRI, "Weighted Overlay (Spatial Analyst)", <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/spatial-analyst/weighted-overlay.htm> (diakses Febuari 2022; tanggal artikel : -)
- [12] S. Gyeltshen, T.V. Tran, G.K.T. Gunda, S. Kannaujiya, R.S. Chatterjee dan P. K. Champatiray, "Groundwater potential zones using a combination of geospatial technology and geophysical approach: case study in Dehradun, India", *Hydrological Sciences Journal*, DOI: 10.1080/02626667.2019.1688334, pp. 1 - 14, 2019
- [13] E. Muryani, D.A. Rahmah, dan D.H Santoso, "Analisis Tingkat Kerentanan Pencemaran Air Tanah Pada Wilayah Penambangan dan Pengolahan Emas Rakyat Desa Pancurendang, Kabupaten Banyumas", *ECOTROPIC*, Vol. 13, pp. 159 - 169, 2019