

PENENTUAN RECHARGE AREA PADA KABUPATEN TANAH DATAR MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 8 DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)

M.S. Purwanto, M. Haris M.F., Zikra Miftahul Haq, Adelya Syawjesil Fachyesi, Indri Silvia Dewi, Salma Amalina, Ulfa I'anati Sari

Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
e-mail : m.singgih.purwanto@gmail.com

Abstrak. Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat memiliki keadaan geologi yang cukup kompleks, dikelilingi oleh gunung-gunung, banyak sungai, serta terdapat juga area karst yang berada pada Kecamatan Lintau Buo. Banyaknya sungai dan keterdapatannya area karst menjadi suatu hipotesis adanya daerah imbuhan (*recharge area*) pada Kabupaten ini. *Recharge area* merupakan daerah yang memiliki karakteristik pergerakan aliran air tanah vertikal ke bawah yang dipengaruhi oleh gravitasi atau aliran air tanah yang mengikuti kemiringan akuifer. Tujuan dari penelitian ini untuk memetakan *recharge area* (daerah imbuhan) pada Kabupaten Tanah Datar menggunakan metode penginderaan jauh. Dalam penentuan *recharge area* terdapat beberapa parameter yang digunakan yaitu curah hujan, jenis tanah, tutupan lahan, dan kemiringan lahan (*slope*). Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah metode penginderaan jauh yang menggunakan citra landsat 8 OLI/TIRS dan data pendukung lainnya. Dari penelitian ini didapatkan hasil nilai skoring dan pembobotan pada tiap parameter didapatkan besar potensi *recharge area* seluas 26.49 ha (± 20.26), *transition zone* mencapai 67.77 ha ($\pm 51.84\%$) dan *discharge zone* 36.46 ha ($\pm 27.89\%$).

Kata Kunci: SIG; Penginderaan Jauh; *Recharge area*

Abstract. *Tanah Datar Regency, West Sumatera has a fairly complex geological condition, surrounded by mountains, many rivers, and there is also a karst area located in Lintau Buo District. The number of rivers flowing and the presence of karst areas is a hypothesis for recharge areas in this district. Recharge area is an area that has the characteristics of a vertical downward movement of groundwater flow which is influenced by gravity or groundwater flow that follows the slope of the aquifer. The purpose of this study is to map the recharge area (recharge area) in Tanah Datar using remote sensing methods. In determining the recharge area, several parameters are used, rainfall, soil type, land use, and slope. The method used in this study is a remote sensing method using Landsat 8 OLI / TIRS imagery and other supporting data. From this study, the results of the scoring and weighting values for each parameter obtained a large potential recharge area of 26.49 ha (± 20.26), the transition zone reached 67.77 ha ($\pm 51.84\%$) and the discharge zone was 36.46 ha ($\pm 27.89\%$).*

Keywords: GIS; Remote Sensing; *Recharge area*

PENDAHULUAN

Recharge area atau yang dikenal dengan daerah imbuhan merupakan daerah yang memiliki karakteristik pergerakan aliran air tanah vertikal ke bawah. Area ini umumnya banyak dipengaruhi oleh gravitasi atau aliran air tanah yang mengikuti kemiringan akuifer. Daerah imbuhan air tanah (*groundwater recharge*) berasal dari infiltrasi di permukaan tanah (infiltrasi terestrial) atau dari infiltrasi di bawah air permukaan atau air yang tergenang sementara di permukaan tanah (infiltrasi genangan) (Hendrickx, 1992).

Kabupaten Tanah Datar merupakan daerah yang terletak di Sumatera Barat, daerah ini

termasuk strategis karena terletak disekitar kaki gunung Merapi, gunung Singgalang, dan gunung Sago, serta diperkaya dengan 25 sungai dan Danau Singkarak yang cukup luas. Selain itu pada Kabupaten ini juga terdapat area karst yaitu pada wilayah Lintau Buo. Banyaknya sungai yang mengalir dan keterdapatannya area karst menjadi suatu hipotesis daerah imbuhan (*recharge area*) pada Kabupaten ini.

Metode penginderaan jauh merupakan salah satu metode untuk mendapatkan informasi berupa suatu obyek, luasan area, ataupun fenomena melalui analisis data yang didapatkan dengan menggunakan alat-alat tanpa berkontak langsung

dengan objek yang sedang diobservasi (Lillesand et al., 1993). Metode ini biasa juga digunakan untuk menentukan daerah imbuhan (*recharge area*) pada suatu wilayah, dengan analisa struktur dan topografi pada wilayah tersebut. Pada metode ini digunakan Citra Landsat 8 OLI/TIRS. Citra Landsat jenis ini dapat digunakan untuk analisa kelurusan, dimana terjadinya infiltrasi air dapat diduga sebagai *recharge area* (Oches et al., 2013). Selain itu juga dapat digunakan data pendukung seperti curah hujan, jenis tanah, dan lereng (*slope*).

Studi penelitian ini bertujuan untuk memetakan *recharge area* (daerah imbuhan) pada Kabupaten Tanah Datar dengan menggunakan metode penginderaan jauh. Parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu curah hujan, jenis tanah, tutupan lahan, dan kemiringan lahan (*slope*).

METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Secara geografis, area studi penelitian terletak di Kabupaten Tanah Datar, Provinsi Sumatera Barat, Indonesia dengan koordinat $00^{\circ}17''$ LS - $00^{\circ}39''$ LS dan $100^{\circ}19''$ BT - $100^{\circ}51''$ BT. Kabupaten Tanah Datar terdiri dari 17 kecamatan dengan luas area sebesar 1.336 km². Regional ini memiliki ketinggian rata-rata berkisar 400 sampai dengan 1000 meter di atas permukaan laut. Berikut ini merupakan Batasan wilayah dengan Kabupaten atau Kota di Sumatera Barat, yaitu:

- a) Sebelah Utara dari Tanah Datar merupakan Kabupaten Agam dan Kabupaten Lima Puluh Kota
- b) Sebelah Selatan dari Tanah Datar merupakan Kabupaten Sawah Lunto dan Kabupaten Solok
- c) Sebelah Timur dari Tanah Datar merupakan Kabupaten Sijunjung
- d) Sebelah Barat dari Tanah Datar merupakan Kabupaten Padang Pariaman



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian

Data

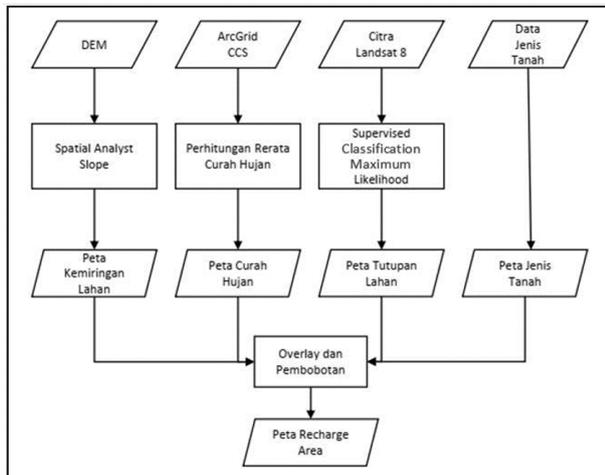
Data yang digunakan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut.

1. Citra satelit Landsat 8 Kabupaten Tanah Datar tanggal 3 April 2019 yang diakses dari USGS (*United States Geological Survey*) (*EarthExplorer*, n.d.)
2. Data DEM (*Digital Elevation model*) Kabupaten Tanah Datar yang diakses dari DEMNAS
3. Peta jenis tanah (klasifikasi USDA) Kabupaten Tanah Datar yang diakses dari web Indonesia-geospasial
4. Data ArcGrid Curah Hujan dari 25 Desember 2019 hingga 25 Desember 2020 yang diakses dari CHRS Data Portal (UCI CHRS Data Portal, n.d.)

Metode

Penelitian ini berbasis penginderaan jauh dengan menggunakan citra satelit Landsat dan sistem informasi geografis (SIG). software yang digunakan dalam studi ini adalah ArcGIS. Data citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah Citra Satelit Landsat 8. Dan data vektor yang digunakan adalah peta topografi, peta jenis tanah dan peta curah hujan Kabupaten Tanah Datar.

Penentuan daerah resapan dilakukan dengan pembobotan terhadap parameter penentu yang meliputi kemiringan lereng, jenis tanah, tutupan lahan dan curah hujan. Detail langkah kerja ditunjukkan dengan diagram alir pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram alir

Spatial Analyst Slope pada ArcGIS digunakan untuk menentukan kemiringan lahan. *Spatial Analyst Slope* menghitung perubahan nilai maksimum dari satu sel ke sel sekitarnya. Secara konseptual, *Spatial Analyst Slope* menggunakan bidang dengan nilai-z pada sel tengah dari sel 3x3. Nilai kemiringan bidang ini dihitung menggunakan teknik maksimum rata-rata. Tingkat perubahan (Δ) pada permukaan dalam arah horizontal (dz/dx) dan vertikal (dz/dy) dari sel tengah menentukan besar kemiringan (*slope*). Persamaan dalam menghitung kemiringan adalah sebagai berikut (Environmental Systems Research Institute, n.d.-b).

$$slope \text{ radians} = \tan^{-1} \left(\sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2} \right) \quad (1)$$

$$Slope \text{ degree} = slope \text{ radians} \times 57.29578 \quad (2)$$

dengan keterangan bahwa 57.29578 adalah hasil dari $180/\pi$.

Klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode *Maximum Likelihood*. Metode ini didasarkan atas dua prinsip yaitu, sel pada tiap sampel kelas terdistribusi normal dan juga berlaku Teorema Bayes. Dengan asumsi bahwa sebaran sampel kelas

normal, suatu kelas dapat dikarakterisasi oleh vektor mean dan matriks kovariansi. Jika terdapat sel yang tumpang tindih antara dua kelas, penentuan sel-sel ini dilakukan dengan pengklasifikasi Bayesian (Environmental Systems Research Institute, n.d.-a).

Skor dan Bobot Parameter

Infiltrasi tanah adalah faktor yang sangat mempengaruhi kelestarian kawasan recharge area. Terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi tingkat infiltrasi tanah seperti: curah hujan, kemiringan lereng, tutupan lahan, dan jenis tanah. Berikut ini merupakan nilai pembobotan parameter dari recharge area.

Tabel 1. Nilai bobot parameter recharge area

| No | Parameter | Bobot |
|----|-------------------|-------|
| 1 | Curah hujan | 15% |
| 2 | Kemiringan lereng | 20% |
| 3 | Tutupan lahan | 30% |
| 4 | Jenis tanah | 35% |

a) Curah Hujan

Pada sebagian air hujan yang mencapai permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lagi yang lain mengalir di atas tanah (aliran permukaan), yang mengisi cekungan tanah, danau, masuk ke sungai, dan akhirnya mengalir ke laut (Achmad et al., 2020). Pada parameter curah hujan memiliki bobot nilai sebesar 15%.

Tabel 2. Skor parameter curah hujan

| No | Curah hujan (mm) | Infiltrasi | Skor |
|----|------------------|---------------|------|
| 1 | >5500 | Sangat tinggi | 5 |
| 2 | 4500-5500 | Tinggi | 4 |
| 3 | 3500-4500 | Medium | 3 |
| 4 | 2500-3400 | Rendah | 2 |
| 5 | <2500 | Sangat rendah | 1 |

Sumber: Regulation of the Minister of Forestry of the Republic of Indonesia Number: P.32/MENHUT-II/2009 (Achmad et al., 2020; Gunawan et al., 2016)

b) Sudut kemiringan

Sudut kemiringan lereng merupakan factor penentu keseimbangan antara aliran permukaan dan infiltrasi. Kemiringan lereng sangat berpengaruh terhadap tingkat infiltrasi air ke dalam

tanah. Semakin besar kemiringan suatu tempat maka akan semakin besar limpasan permukaan dan semakin kecil air merembes ke dalam tanah (Achmad et al., 2020). Begitu pula sebaliknya Pada parameter kemiringan lereng memiliki bobot nilai sebesar 20%.

Tabel 3. Skor parameter kemiringan lereng

| No | Slope (%) | Deskripsi | Infiltrasi | Skor |
|----|-----------|--------------|---------------|------|
| 1 | <8 | Datar | Sangat tinggi | 5 |
| 2 | 8-15 | Landai | Tinggi | 4 |
| 3 | 15-25 | Bergelombang | Medium | 3 |
| 4 | 25-40 | Agak curam | Rendah | 2 |
| 5 | >40 | Curam | Sangat rendah | 1 |

Sumber: Regulation of the Minister of Forestry of the Republic of Indonesia Number: P.32/MENHUT-II/2009 (Achmad et al., 2020; Gunawan et al., 2016)

c) Tutupan Lahan

Perubahan tata guna lahan yang tidak sesuai dengan penggunaannya juga menjadi salah satu penyebab mengapa permukaan tanah menjadi kedap air yang menyebabkan air hujan yang turun tidak bisa langsung meresap ke dalam tanah. Perubahan pemanfaatan lahan bisa berupa hutan menjadi pemukiman, hutan ke sawah dan lain sebagainya. Hal ini akan menyebabkan air hujan menjadi aliran permukaan dan menimbulkan potensi banjir atau genangan di daerah (Achmad et al., 2020). Pada parameter tutupan lahan memiliki bobot nilai sebesar 30%.

Tabel 4. Skor parameter tutupan lahan

| No | Tutupan lahan | Infiltrasi | Skor |
|----|------------------------------|---------------|------|
| 1 | Hutan lebat | Sangat tinggi | 5 |
| 2 | Hutan produksi, perkebunan | Tinggi | 4 |
| 3 | Semak belukar, padang rumput | Medium | 3 |
| 4 | Ladang, tegalan | Rendah | 2 |
| 5 | pemukiman | Sangat rendah | 1 |

Sumber: Regulation of the Minister of Forestry of the Republic of Indonesia Number: P.32/MENHUT-II/2009 (Achmad et al., 2020).

d) Jenis tanah

Jenis tanah merupakan faktor terbesar yang mempengaruhi tingkat resapan air. Tekstur

tanah ditentukan oleh butiran. Semakin kasar ukuran butirnya, maka semakin besar jarak antar butir (poripori). Sehingga berpeluang besar kemampuan air untuk meresap ke dalam tanah menjadi lebih besar (Achmad et al., 2020). Pada parameter jenis tanah memiliki bobot paling besar dengan nilai 35%, sehingga parameter ini memiliki peranan yang penting dalam kawasan recharge area ini.

Tabel 5. Skor parameter jenis tanah

| No | Jenis Tanah | Infiltrasi | Skor |
|----|-------------|---------------|------|
| 1 | Glei Humus | Sangat tinggi | 5 |
| 2 | Andosol | Tinggi | 4 |
| 3 | Latosol | Medium | 3 |
| 4 | Kombisol | Rendah | 2 |
| 5 | Podsolik | Sangat rendah | 1 |

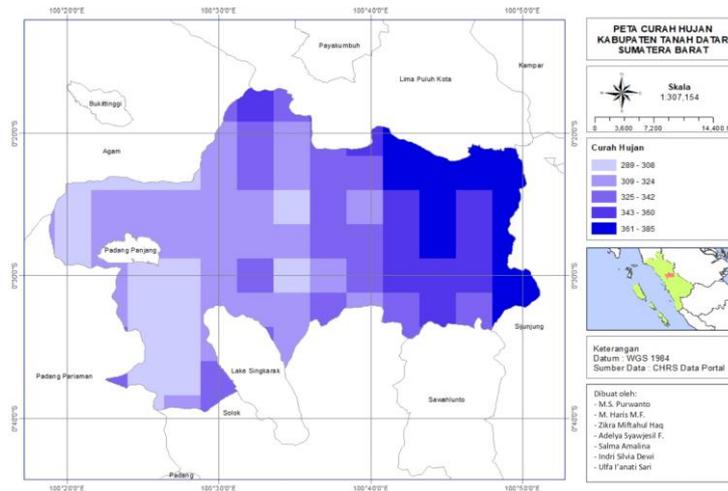
Sumber: Regulation of the Minister of Forestry of the Republic of Indonesia Number: P.32/MENHUT-II/2009 (Achmad et al., 2020; Gunawan et al., 2016)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan *recharge area* di Kabupaten Tanah Datar Sumatera Barat didasarkan pada empat parameter. Yaitu curah hujan, kemiringan lahan, tutupan lahan dan jenis tanah yang akan dianalisis berikut ini.

Curah Hujan

Data curah hujan pada area studi didapatkan dari CHRS Data Portal dalam bentuk ArcGrid dengan rentang waktu satu tahun terakhir. Dengan mengubah data menjadi *shapefile* dan menghitung rata-rata curah hujan dalam periode satu tahun didapatkan peta curah hujan berikut (Gambar 3). Berdasarkan peta yang telah diolah, diketahui bahwa curah hujan Kabupaten Tanah Datar berkisar antara 289 hingga 385 mm. Pada gambar 3 dapat disimpulkan bahwa daerah yang dikaji ini memiliki curah hujan yang cenderung rendah di sebelah barat dan tinggi di sebelah timur.

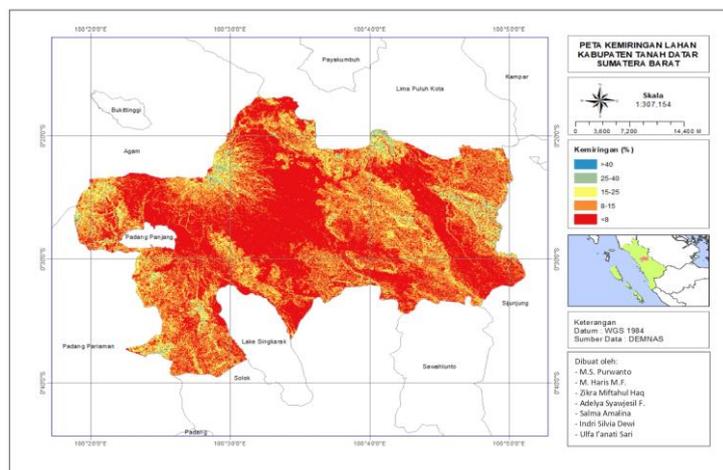


Gambar 3. Peta curah hujan Kabupaten Tanah Datar

Kemiringan Lahan

Persentase kemiringan lahan area studi didapatkan dari hasil pengolahan DEM (*Digital Elevation Model*). Berdasarkan peta kemiringan lahan, dapat diketahui bahwa di Kabupaten Tanah Datar terdapat lima kategori, yaitu kemiringan yang >40%, 25-40%, 15-25%, 8-15%,

dan <8% (Gambar 4). Semakin besar nilai persentasenya, maka semakin curam pula kemiringannya di wilayah tersebut. Kabupaten Tanah Datar memiliki lahan yang relatif datar, dengan akumulasi mencapai lebih separuh dari area total.

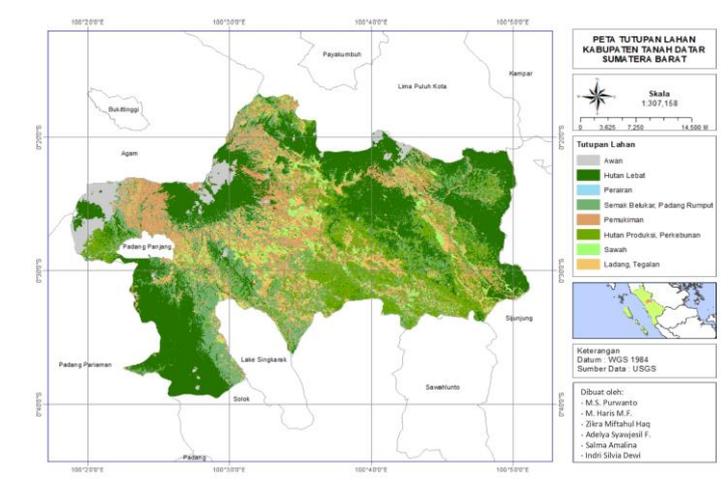


Gambar 4. Peta kemiringan lahan Kabupaten Tanah Datar

Tutupan Lahan

Tutupan lahan area studi didapatkan dari pengolahan Citra Landsat 8. Klasifikasi yang dilakukan ialah melalui *supervised classification* metode *maximum likelihood*. Peta tutupan lahan

Kabupaten Tanah Datar menunjukkan tingkat vegetasi yang cukup tinggi ditandai dengan masih banyaknya zona yang berwarna hijau, dari hijau muda hingga hijau tua (Gambar 5).

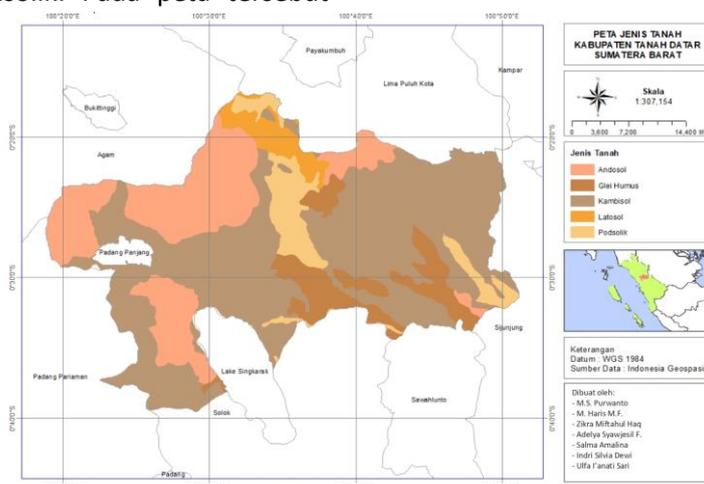


Gambar 5. Peta tutupan lahan Kabupaten Tanah Datar

Jenis Tanah

Peta jenis tanah diperoleh dari web Indonesia geospasial. Peta ini menunjukkan bahwa area studi memiliki 5 jenis tanah antara lain tanah andosol, tanah glei humus, tanah kambisol, tanah latosol, dan tanah podsolik. Pada peta tersebut

dapat dianalisis bahwa di Kabupaten Tanah Datar tanah kambisol merupakan jenis tanah yang paling banyak di daerah tersebut, sedangkan tanah latosol yang paling sedikit di daerah tersebut (Gambar 6).



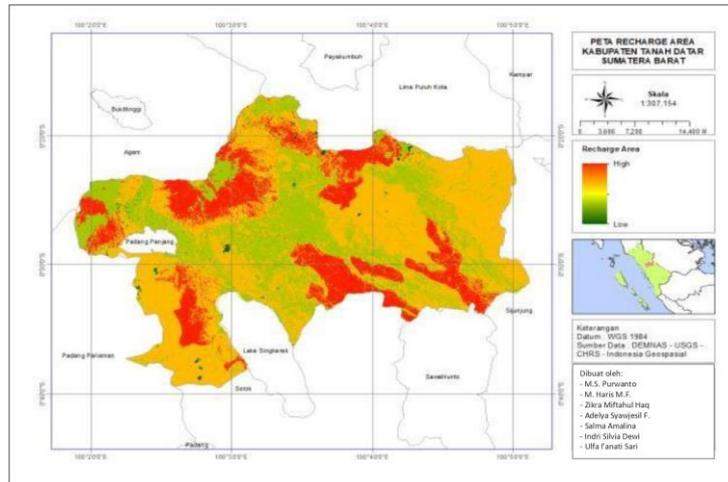
Gambar 6. Peta jenis tanah Kabupaten Tanah Datar

Recharge area

Berdasarkan skoring dan pembobotan yang telah dilakukan pada tiap parameter, maka telah diperoleh skor total untuk penentuan *recharge area*. Peta *recharge area* Kabupaten Tanah Datar ditunjukkan oleh Gambar 7 berikut. Dapat dilihat bahwa warna merah menunjukkan potensi tinggi sebagai *recharge area* sedangkan warna hijau sebagai potensi rendah sebagai *recharge area*. Zona hijau ini bisa pula disebut sebagai *discharge area* dan zona kuning sebagai *transition area*.

Dengan mengkorelasikan terhadap parameter tutupan lahan, zona *recharge area* dengan potensi tinggi berada pada lahan yang masih kaya akan vegetasi berupa hutan, kebun, dan semak belukar. Keberadaan tumbuhan ini dapat membantu proses infiltrasi dengan baik. Hal tersebut dikarenakan air hujan dapat mengalir secara baik sehingga siklus hidrologi pun dapat berjalan lancar. Pada parameter jenis tanah, laju infiltrasi yang baik dipengaruhi oleh permeabilitas tanah itu sendiri. Umumnya, tanah yang memiliki

clay content yang tinggi akan memiliki permeabilitas yang rendah. Air dapat mengalir dengan baik pada tanah yang memiliki tekstur grain dan *clay content* yang rendah.



Gambar 7. Peta *recharge area* Kabupaten Tanah Datar

Parameter kemiringan lahan cukup berpengaruh terhadap potensi *recharge area*. Lahan dengan bentuk bergelombang berpotensi tinggi sebagai *recharge area*. Berdasarkan geomorfologinya, area tersebut cenderung berada pada zona terakumulasinya air sementara. Seperti pada *alluvial fan* dan daerah sekitar danau. Persebaran tingkat curah hujan pada peta *recharge area* ini memiliki pengaruh yang kecil. Meskipun pada dasarnya Kabupaten Tanah Datar sendiri memiliki rata-rata curah hujan yang relatif rendah dalam satu tahun terakhir.

Distribusi *recharge area* pada Kabupaten Tanah Datar juga terkait dengan keberadaan karst di Lintau Buo. Meskipun curah hujan di area studi relatif rendah, namun dari hasil pemetaan *recharge area*, beberapa area dengan potensi yang tinggi berada di sekitar karst. Infiltrasi daerah karst memang jauh lebih tinggi karena cenderung memiliki pori-pori yang lebih besar dan permeabilitas yang tinggi dibandingkan yang lainnya.

Penentuan *recharge area* merupakan hasil dari kombinasi berbagai parameter yang telah dijelaskan di atas. Pada Kabupaten Tanah Datar ini, zona merah yang berpotensi tinggi sebagai *recharge area* mencapai 26.49 ha atau $\pm 20.26\%$ total area, zona

kuning sebagai *transition zone* mencapai 67.77 ha atau $\pm 51.84\%$ total area dan zona hijau 36.46 ha atau $\pm 27.89\%$ total area sebagai *discharge area*.

PENUTUP

Kesimpulan

Penentuan *recharge area* Kabupaten Tanah Datar dilakukan dengan parameter jenis tanah, tutupan lahan, kemiringan lahan dan curah hujan. Melalui skoring dan pembobotan pada tiap parameter didapatkan besar potensi *recharge area* seluas 26.49 ha ($\pm 20.26\%$), *transition zone* mencapai 67.77 ha ($\pm 51.84\%$) dan *discharge zone* 36.46 ha ($\pm 27.89\%$).

Saran

Untuk dapat memetakan *recharge area* secara tepat diperlukan pengolahan data berdasarkan parameter lain Selain itu, untuk memvalidasi parameter seperti jenis tanah dan tutupan lahan perlu pengamatan langsung ke area penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, A., Burhan, I. M., Zuraidi, E., & Ramli, I. (2020). Determination of recharge areas to optimize the function of urban protected areas on a small island. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 452(1), 012104. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/452/1/012104>

EarthExplorer. (n.d.). Retrieved January 1, 2021, from <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Environmental Systems Research Institute, Inc. (n.d.-a). *How Maximum Likelihood Classification works*. Retrieved January 5, 2021, from <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-maximum-likelihoodclassification-works.html>

Environmental Systems Research Institute, Inc. (n.d.-b). *How Slope works—Help | ArcGIS for Desktop*. Retrieved January 5, 2021, from <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-slope-works.htm>

Gunawan, S. A., Prasetyo, Y., & Amarrohman, F. J. (2016). *STUDI PENENTUAN KAWASAN RESAPAN AIR PADA WILAYAH DAS BANJIR KANAL TIMUR | Gunawan | Jurnal Geodesi UNDIP*. Jurnal Geodesi Undip Volume 5. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/11529/11187>

Hendrickx, J. M. H. (1992). Groundwater Recharge. A Guide to Understanding and Estimating Natural Recharge (Volume 8, International Contributions to Hydrogeology). *Journal of Environmental Quality*, 21(3), 512–512. <https://doi.org/10.2134/JEQ1992.00472425002100030036X>

Lillesand, T. M., Dulbahri, Susanto, & Kiefer, R. W. (1993). *Penginderaan jauh dan interpretasi citra / Thomas M. Lillesand, Ralph W. Kiefer ; penerjemah Dulbahri ... [et al.] ; penyunting, Susanto | OPAC Perpustakaan Nasional RI*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press . <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=152403>

Oches, R., Parker, R. L., Denver, G., & Jensen, O. (2013). *A Hidden Reserve: Groundwater*.

UCI CHRS Data Portal. (n.d.). *CHRS Data Portal*. Retrieved January 1, 2022, from <http://chrsdata.eng.uci.edu/>