

IDENTIFIKASI LOKASI PRIORITAS UNTUK PEMBANGUNAN AKUIFER BUATAN SIMPAN AIR HUJAN (ABSAH) DI WILAYAH SUNGAI CITANDUY, JAWA BARAT

IDENTIFICATION OF PRIORITY LOCATIONS FOR AN ARTIFICIAL AQUIFER AND RAIN STORAGE STRUCTURE IN THE CITANDUY RIVER BASIN, WEST JAVA

Fabian Priandani

Balai Besar Wilayah Sungai Citanduy, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan
Umum dan Perumahan Rakyat

Jl. Prof. Ir. Sutami No. 1, Kota Banjar, Jawa Barat 46332, Indonesia

*Correspondent email: fabian_priandani@pu.go.id

Diterima: 08 Februari 2022; Direvisi: 17 Maret 2022; Disetujui: 22 Agustus 2022

ABSTRACT

Artificial Aquifer and Rain Storage Structure (AARSS) is a rainwater harvesting technology developed by the Research Center for Water Resources, Ministry of Public Works and Housing. It utilizes rainwater that is stored in a reservoir and flows through an artificial aquifer. The study aims to identify the priority of locations for AARSS development in the Citanduy River Basin. The method used is a weighted overlay using the Analytical Hierarchy Process and Geographic Information System. A map of priority locations is obtained using 6 biophysical and socio-economic parameters: rainfall, land use/land cover, the presence of groundwater basins, drought-prone classes, village development, and construction costs represented by the minimum wage. The priority of priority locations is classified into very high-, high-, medium-, low-, and very low priority zones. The analysis result shows the domination of the medium priority zone (63.73% of the study area), which is followed by the high, low, very high, and very low priorities with the percentage of 24.03%, 8.49%, 3.58%, and 0.17%, respectively. An evaluation of the current AARSS constructions to this priority map shows that there are 8 AARSS units in the medium-, 7 units in the high-, and 2 units in the very high priority zone. The priority map can be used by decision-makers to identify an optimal location and develop a suitable structure that meets the water-demand of their community. This study can serve as a comparison for research related to site identification for rainwater storages in other areas.

Keywords: Artificial Aquifer and Rain Storage Structure (AARSS), site identification, rainwater harvesting, analytical hierarchy process, geographic information system

ABSTRAK

Akuifer Buatan Simpanan Air Hujan (ABSAH) merupakan salah satu teknologi pemanenan air hujan yang dirancang dan dikembangkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air Kementerian PUPR. ABSAH dibuat dengan memanfaatkan air hujan dan dialirkan ke dalam akuifer buatan yang kemudian ditampung oleh reservoir. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lokasi prioritas pembangunan ABSAH di Wilayah Sungai (WS) Citanduy. Metode yang digunakan yaitu overlay berbobot dengan menggunakan Analytical Hierarchy Process dan Sistem Informasi Geografis. Peta lokasi prioritas tersebut disusun dengan menggunakan 6 parameter yang meliputi parameter biofisik dan sosial-ekonomi, yaitu curah hujan, tata guna/tutupan lahan, keberadaan cekungan air tanah, kelas rawan kekeringan, pengembangan pembangunan desa, dan biaya konstruksi yang direpresentasikan dengan besaran upah minimum. Klasifikasi lokasi prioritas dibagi menjadi 5 zona yaitu, prioritas sangat tinggi, prioritas tinggi, prioritas sedang, prioritas rendah dan prioritas sangat rendah. Hasil analisis menunjukkan bahwa zona prioritas sedang mendominasi area studi (63,73% dari luas WS Citanduy), kemudian diikuti zona prioritas tinggi (24,03%), prioritas sangat tinggi (3,58%) dan prioritas sangat rendah (0,17%). Evaluasi ABSAH yang telah dibangun saat ini terhadap peta lokasi prioritas menunjukkan bahwa terdapat 8 unit ABSAH berada di lokasi prioritas sedang, 7 unit di lokasi prioritas tinggi dan 2 unit di lokasi prioritas sangat tinggi. Peta lokasi prioritas pembangunan ABSAH dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pemangku kepentingan dalam menetapkan lokasi yang optimal dan desain bangunan ABSAH yang efisien dalam rangka memenuhi kebutuhan air bagi masyarakat di daerah penelitian. Studi ini juga dapat dijadikan pembandingan untuk penelitian terkait penentuan lokasi penampungan air hujan di daerah lain.

Kata Kunci: ABSAH, identifikasi lokasi, pemanenan air hujan, analytical hierarchy process, sistem informasi geografis

PENDAHULUAN

Pemanenan air hujan menjadi hal krusial dalam pengelolaan sumber air berkelanjutan baik untuk cadangan air permukaan maupun untuk imbuhan buatan (Bakir & Xing-nan, 2008). Air hujan, selain berfungsi sebagai air utama dalam pertanian, juga berperan dalam industri dan domestik, serta merupakan unsur penting dalam keberfungsian ekosistem alam. Namun, berbeda dengan air permukaan dan air tanah, air hujan kerap luput diintegrasikan dalam strategi pengelolaan sumber daya air (Haddad, 2007).

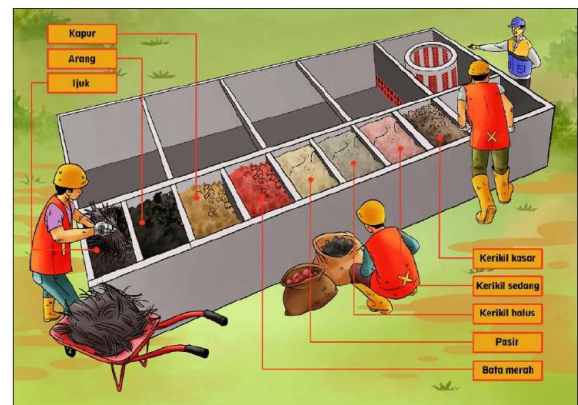
Pemanenan air hujan adalah proses pengumpulan air hujan yang jatuh dalam suatu daerah tangkapan. Air yang terkumpul ini kemudian dapat digunakan untuk berbagai aktivitas (Bakir & Xing-nan, 2008). Pemanenan air hujan berkaitan dengan sejumlah data spasial yang dapat dengan mudah diolah menggunakan teknik geospasial (Maina & Raude, 2016). Penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) diaplikasikan secara luas dalam bidang hidrologi dan pengembangan sumber daya air (Sharma & Kujur, 2012).

Metode yang umum digunakan dalam pemilihan lokasi dan teknik pemanenan air hujan skala kecil adalah survey lapangan. Untuk skala yang lebih besar, pemilihan lokasi dan jenis teknologi yang digunakan untuk memanen air hujan menjadi tantangan tersendiri (Prinz et al., 1998). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi lokasi potensial pemanenan air hujan dengan menggunakan berbagai metode, misalnya: (Aklan et al., 2022; Al-Adamat et al., 2012; Bakir & Xing-nan, 2008; Mahmoud & Alazba, 2015; Maina & Raude, 2016; Mbilinyi et al., 2007; Nyirenda et al., 2021; Prinz et al., 1998; Wu et al., 2018; Ziadat et al., 2012).

Menurut tinjauan yang ditulis oleh (Ammar et al., 2016) mengenai 48 studi yang membahas pemilihan lokasi pemanenan air hujan, parameter yang sering digunakan untuk menentukan lokasi yang paling cocok untuk pemanenan air hujan adalah parameter biofisik, seperti: kelerengan, tutupan lahan, jenis tanah dan curah hujan serta parameter sosial-ekonomi, seperti: jarak dari sungai ke pengguna air dan biaya. (Ammar et al., 2016) juga mengklasifikasikan metode yang lazim digunakan menjadi 4 kelompok yaitu: SIG dan penginderaan jauh; SIG, penginderaan jauh dan model hidrologi; SIG, penginderaan jauh, model hidrologi dan analisis multikriteria; serta SIG dan analisis multikriteria.

Puslitbang Sumber Daya Air Kementerian PUPR mengembangkan ABSAH yang merupakan salah

satu teknologi pemanenan air hujan secara komunal. Bangunan ABSAH adalah bangunan penyediaan air baku mandiri yang dibuat dengan memanfaatkan air hujan yang disimpan dan dialirkan ke dalam akuifer buatan kemudian ditampung dalam sebuah reservoir atau bak pengambilan air. Bangunan ini merupakan modifikasi bangunan Penampungan Air Hujan (PAH) konvensional atau yang serupa. Secara konsep, bangunan ABSAH memiliki empat komponen utama, yaitu bak pemasukan air, bak akuifer buatan, bak tampungan air dan bak pengambilan air (Gambar 1). Bak akuifer buatan berisi material kerikil kasar, kerikil sedang, kerikil halus, pasir, hancuran bata merah, arang, ijuk dan material lainnya sesuai dengan ketersediaan di sekitar lokasi pembangunan. Komponen-komponen ini menjadikan ABSAH memiliki keunggulan pengaturan, baik secara kuantitas maupun kualitas, dibandingkan dengan PAH konvensional (Soenarto, 2003).



Sumber: (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2020).

Gambar 1 Ilustrasi bangunan ABSAH. Sekat-sekat merupakan akuifer buatan, diisi dengan berbagai jenis material yang berfungsi sebagai lapisan penyaring dan lapisan penambah mineral.

Pembangunan ABSAH telah dilakukan di berbagai wilayah Indonesia (Gambar 2). Namun, dengan keterbatasan anggaran yang dimiliki oleh pemerintah, identifikasi prioritas lokasi untuk pembangunan ABSAH adalah langkah penting dalam mengoptimasi manfaat bangunan ABSAH. Skala prioritas menjadi penentu dalam kelayakan perencanaan dan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan (Vittala et al., 2008).

Kesuksesan sistem pemanenan air hujan sangat bergantung pada kecocokan lokasi dan desain teknis dari sistem tersebut (Al-Adamat et al., 2012). Alasan utama dari kegagalan dan lambatnya penerapan teknik pemanenan air hujan adalah

pemilihan lokasi yang tidak tepat baik dari segi teknik maupun keadaan sosial ekonomi (Prinz et al., 1998). Oleh karena itu, pemilihan lokasi pemanenan air hujan harus dilakukan secara seksama. Namun, hingga saat ini studi skala besar terkait pemilihan lokasi pemanenan air hujan belum pernah dilakukan di WS Citanduy.



Sumber: (Dokumentasi SNVT PJPA Citanduy)

Gambar 2 Salah satu bangunan ABSAH di Kab. Ciamis yang dibangun oleh BBWS Citanduy pada Tahun Anggaran 2021.

Studi ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah metodologi dalam mengidentifikasi prioritas lokasi pembangunan ABSAH di WS Citanduy. Metodologi ini diharapkan dapat digunakan juga di daerah lain. Penelitian ini menggunakan metode pengambilan keputusan multi-kriteria dan pendekatan SIG dengan mempertimbangkan parameter biofisik dan sosial ekonomi. Selain itu, studi ini bertujuan untuk mengevaluasi lokasi bangunan ABSAH eksisting terhadap peta prioritas yang dihasilkan.

Area Studi

Wilayah Sungai (WS) Citanduy adalah salah satu wilayah sungai lintas provinsi di Indonesia (Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2015). Dengan luas 4.474,85 km², WS Citanduy membentang di sebagian Provinsi Jawa Barat dan Provinsi Jawa Tengah (Gambar 3). Sungai Citanduy bersumber dari Gunung Cakrabuana di Kabupaten Tasikmalaya, mengalir sepanjang 175 km hingga bermuara di Laguna Segara Anakan Kabupaten Cilacap. Berdasarkan data BPS 2010, WS Citanduy memiliki populasi sebesar 3.128.871 (Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2013).

Secara administrasi, WS Citanduy terdiri dari 10 kota dan kabupaten, yaitu Kab. Banyumas, Kab. Brebes, Kab. Ciamis, Kab. Cilacap, Kab. Garut, Kota Banjar, Kota Tasikmalaya, Kab. Kuningan, Kab.

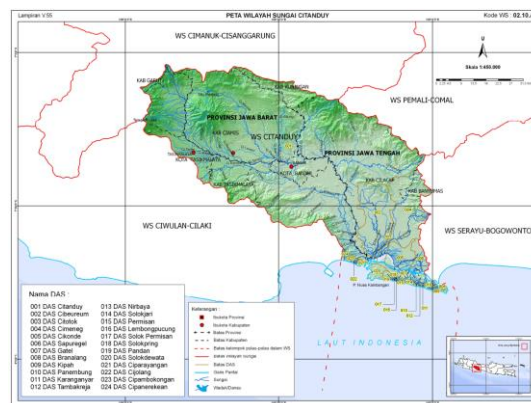
Majalengka dan Kab. Tasikmalaya. Sebagian besar WS Citanduy berada di Kab. Ciamis (40,75%), Kab. Cilacap (38,04%) dan Kab. Tasikmalaya (11,28%).

WS Citanduy terdiri dari 24 DAS, dengan tiga DAS terbesar yaitu DAS Citanduy 81,57% dengan Sungai Citanduy 175 km, DAS Cimeneng (6,6%) dengan Sungai Cimeneng sepanjang 39 km dan DAS Cibeureum (5,65%) dengan Sungai Cibeureum sepanjang 23 km. WS Citanduy berbatasan dengan WS Serayu-Bogowonto dan WS Pemali-Comal di sebelah timur, WS Cimanuk Cisanggarung di sebelah utara, WS Ciwulan-Cilaki di sebelah barat dan Samudra Hindia di sebelah selatan (Gambar 4). Beberapa anak sungai Citanduy yang cukup besar, yaitu sungai Cimuntur, Cijolang dan Cikawung terletak pada bagian kiri Citanduy dan sungai Ciseel terletak pada bagian kanan Citanduy. Hujan rata-rata tahunan di WS Citanduy sebesar 2.725 mm/tahun. Pada tahun 2011 potensi ketersediaan air di WS Citanduy adalah 286,45 m³/s (Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2013).



Sumber: Google Earth. Shape file diperoleh dari BBWS Citanduy, Kementerian PUPR dan Global Administrative Areas (Global Administrative Areas, 2012)

Gambar 3 Lokasi Studi ditandai dengan daerah yang berwarna merah



Sumber: (Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2015)

Gambar 4 Batas WS Citanduy dan DAS di WS Citanduy.

WS Citanduy memiliki topografi daerah pegunungan di bagian utara, daerah perbukitan di bagian tengah dan daerah pantai di bagian selatan. Berdasarkan peta geologi regional, batuan penyusun WS Citanduy terdiri dari batuan Tersier dan endapan Kuartir berupa batuan sedimen dan batuan beku (Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2013).

Secara hidrogeologi, hulu WS Citanduy didominasi akuifer produktivitas sedang-tinggi dan hilir WS Citanduy didominasi oleh akuifer produktivitas rendah dan daerah air tanah langka. (Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2013). Pada WS Citanduy terdapat 8 CAT, yaitu CAT Ciamis, CAT Garut, CAT Kawali, CAT Majenang, CAT Malangbong, CAT Nusakambangan, CAT Sidareja dan CAT Tasikmalaya (Gambar 5).



Sumber: BBWS Citanduy, ESRI

Gambar 5 Peta CAT di WS Citanduy berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 2 Tahun 2017 (Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2017). WS Citanduy dibatasi dengan garis merah dan daerah cekungan air tanah ditandai dengan *polygon* berwarna.

Pada tahun 2011, tutupan lahan di WS Citanduy didominasi oleh pertanian lahan kering (32,86%), pertanian lahan kering bercampur semak (21,77%), perkebunan (16,47%) dan hutan mangrove sekunder (13,70%). Pemukiman hanya menempati 2.44% dari luas WS Citanduy, $\pm 108,77 \text{ km}^2$.

WS Citanduy menjadi lokasi penelitian karena meskipun wilayah ini mempunyai curah hujan yang tinggi, namun masih dijumpai kekeringan di sebagian wilayahnya. Pemanenan air hujan adalah

solusi tepat untuk area yang memiliki curah hujan cukup namun terdapat kekurangan pada suplai air tanah maupun air permukaan (UN HABITAT, 2005).

METODOLOGI

Berbagai metode dan parameter telah diaplikasikan dalam mengidentifikasi lokasi pemanenan air hujan di berbagai belahan dunia. Parameter dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu parameter biofisik dan sosial-ekonomi. Pada tahun 1990-an, studi berfokus pada parameter biofisik dan setelah tahun 2000 sebagian besar studi mengintegrasikan parameter biofisik dan sosial-ekonomi (Ammar et al., 2016). Dalam studinya, Kahinda et al. (2008) menyebutkan bahwa Badan Pangan Dunia (FHO) menetapkan enam kriteria utama untuk menentukan lokasi pemanenan air hujan, yaitu iklim, hidrologi, topografi, agronomi, tanah dan sosial-ekonomi. Dari 48 studi yang dikaji, Ammar et al. (2016) menyatakan bahwa parameter biofisik yang banyak dipakai yaitu kelereng (83%), tata guna lahan (75%), jenis tanah (75%), dan curah hujan (56%). Sedangkan parameter sosial-ekonomi seperti jarak ke sungai (15%), jarak ke jalan (15%) dan biaya (8%), adalah kriteria yang lazim digunakan.

Dalam menentukan lokasi pemanenan hujan, Ammar et al. (2016) mengelompokkan metode-metode yang pernah digunakan oleh peneliti sebelumnya menjadi 4 kelompok besar yaitu: 1) metode SIG atau *remote-sensing* (RS), 2) metode pemodelan hidrologi dikombinasikan dengan SIG atau RS, 3) metode *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA) diintegrasikan dengan dengan SIG atau RS, dan 4) metode MCDA diintegrasikan dengan SIG. Ke-empat metode ini sering digunakan pada berbagai kondisi wilayah di dunia untuk jenis pemanenan air hujan yang bervariasi.

AHP adalah salah satu metode MCDA yang dikembangkan oleh R. W. Saaty (1987). AHP merupakan alat untuk membuat keputusan berdasarkan pengetahuan para ahli, kebiasaan yang ada, dan perbandingan antara alternatif pilihan. Bobot pada kriteria ditentukan berdasarkan matriks perbandingan berpasangan dan untuk kemudian diberikan pada peta tematik. Matriks perbandingan berpasangan berpotensi untuk mengurangi bias dalam pembobotan, menjadikan AHP teknik MCDA yang lebih efektif (Ammar et al., 2016).

Metode SIG yang dikombinasikan dengan AHP (SIG-AHP) telah diaplikasikan oleh Moges (2009) di Ethiopia untuk pemanenan air hujan berjenis kolam (*ponds*) dan *in situ*. Kriteria yang digunakan yaitu, 1) tekstur tanah, 2) kedalaman tanah, 3) surplus hujan,

4) topografi, 5) tutupan lahan dan 6) kedalaman tanah. Pembobotan dilakukan berdasarkan kajian pustaka, informasi lapangan dan opini ahli. Hasil analisis divalidasi dengan menggunakan informasi survey lapangan berupa kuesioner.

Tsiko & Haile (2011) mengaplikasikan metode SIG-AHP untuk penampungan air hujan berbentuk *reservoir* di Eritrea. Dalam studinya, mereka menggunakan kriteria: 1) kelerengan, 2) elevasi, 3) tipe *bedrock*, 4) jarak dari sesar, 5) jenis tanah, 6) curah hujan tahunan, 7) debit air, 8) jarak dari *tarmac roads*, 9) jarak dari jalan setapak atau jalan kerikil, 10) jalan dari daerah urban 11) jalan dari daerah pedesaan, dan 12) perbatasan Eritrea-Ethiopia. Kriteria dan pembobotan dilakukan berdasarkan literatur yang relevan, karena Eritrea belum memiliki regulasi terkait lokasi *reservoir*.

Studi yang serupa juga dilakukan oleh Wu et al. (2018) di Guatemala. Parameter yang digunakan yaitu: 1) potensi limpasan, 2) tata guna lahan, 3) tekstur tanah, 4) kelerengan, 5) jarak dari lahan pertanian dan 6) jarak dari jalan. Pemilihan parameter dan pembobotannya dilakukan berdasarkan kajian penelitian terdahulu dan ketersediaan data pada lokasi penelitian.

Metode SIG-AHP memiliki beberapa keunggulan, yaitu metode ini (Ammar et al., 2016): (i) bersifat fleksibel, (ii) dengan kombinasi SIG-AHP dapat diaplikasikan di wilayah lain dan pengubahan atau perbaruan kriteria mudah untuk dilakukan, dan (iii) dapat diaplikasikan pada wilayah yang kecil maupun besar dengan keterbatasan informasi. Selain keunggulan tersebut metode SIG-AHP ini juga memiliki kelemahan, yaitu harus disertai dengan analisis sensitivitas untuk menilai keabsahan model terintegrasi. Pemilihan parameter harus dilakukan dengan hati-hati dan mempertimbangkan studi sebelumnya (Ammar et al., 2016).

Partisipan

Perhitungan pembobotan parameter dilakukan dengan metode AHP. Metode AHP melibatkan partisipan yang berperan dalam menilai skala kepentingan relatif antar parameter. Dalam penelitian ini, partisipan yang terlibat adalah praktisi yang dinilai memiliki pengetahuan dan pengalaman cukup di bidang hidrologi. Partisipan dalam studi ini adalah para pengambil keputusan atau pemengaruh keputusan terkait dengan pemilihan lokasi pembangunan ABSAH, seperti kepala balai, kepala bidang, kepala satuan kerja, pejabat pembuat komitmen, subkoordinator, pelaksana teknis dan jabatan fungsional teknik pengairan. Semua partisipan memiliki latar belakang pendidikan sarjana teknik sipil dan

beberapa partisipan berlatar belakang pendidikan magister teknik sipil atau sejenis.

Partisipan dalam suatu *Focus Group Discussion* (FGD) diminta untuk mengisi kuesioner perbandingan kepentingan antar parameter dengan menggunakan Skala Saaty. Hasil kuesioner kemudian diolah menggunakan perangkat lunak pengolah angka sehingga diperoleh pembobotan parameter.

Data dan Pengukuran

Pemilihan lokasi yang cocok untuk pemanenan air hujan bergantung pada beberapa kriteria (Mahmoud and Alazba, 2015). Parameter yang digunakan untuk mengidentifikasi lokasi prioritas pembangunan ABSAH disesuaikan dengan kondisi alamiah dan ketersediaan data di daerah penelitian. Pada penelitian ini, parameter yang digunakan adalah curah hujan, tata guna lahan atau tutupan lahan, keberadaan cekungan air tanah, kelas rawan kekeringan, pengembangan pembangunan desa dan biaya konstruksi yang direpresentasikan dengan besaran upah minimum. Parameter ini dipilih berdasarkan kajian literatur, ketersediaan data dan opini pemangku kepentingan. Parameter-parameter ini kemudian diolah menjadi peta tematik.

Dalam pembuatan berbagai peta tematik diperlukan sejumlah data yang diperoleh dari berbagai sumber (Tabel 1). Pembuatan peta tematik dan analisis spasial berupa teknik tumpang susun dilakukan dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG). Kalkulasi AHP dilakukan dengan perangkat lunak pengolah angka.

Tabel 1 Data dan Sumber Data

No.	Data	Sumber
1.	Data Curah Hujan	BBWS Citanduy, Kementerian PUPR
2.	Tutupan Lahan atau Tata Guna Lahan	Badan Informasi Geospasial
3.	Peta Interpretasi Cekungan Air Tanah	Kementerian ESDM
4.	Data Desa Rawan Kekeringan	Badan Penanggulangan Bencana Nasional
5.	Data Pengembangan Pembangunan Desa	Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal dan Transmigrasi
6.	Data Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK)	Pemerintah Provinsi Jawa Barat dan Pemerintah Provinsi Jawa Tengah

Curah Hujan

Curah hujan adalah sumber utama imbuhan yang menentukan ketersediaan jumlah air yang masuk ke dalam ABSAH. Curah hujan yang tinggi mendukung pemanfaatan ABSAH, oleh karena itu curah hujan tinggi diberikan peringkat yang tinggi.

Tata Guna Lahan

ABSAH adalah tampungan air hujan yang mengambil air dari atap. Air hujan dari atap dialirkan melalui talang atau pipa untuk dimasukkan ke dalam ABSAH. Oleh karena itu, area pemukiman sangat cocok untuk pembangunan ABSAH. Area pemukiman diberikan peringkat yang paling tinggi dibanding jenis penggunaan lahan lainnya.

Cekungan Air Tanah (CAT)

Cekungan air tanah adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis, seperti pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung (Presiden Republik Indonesia, 2019). Berdasarkan definisi tersebut, air tanah di kawasan CAT lebih mudah dijumpai dibandingkan kawasan bukan CAT. Oleh karena itu, dalam pembangunan ABSAH wilayah yang merupakan kawasan bukan CAT lebih diprioritaskan dibanding dengan kawasan CAT.

Meskipun demikian, dalam kawasan CAT bisa saja kedalaman sumur bor yang dibuat harus lebih dari 250 meter (yang praktis tidak pernah dibuat), maka daerah ini dapat dianggap daerah bukan CAT, namun untuk praktisnya dapat dianggap daerah CAT.

Desa Rawan Kekeringan

Informasi desa atau kelurahan yang berpotensi mengalami kekeringan diperoleh dari Katalog Desa Rawan Kekeringan yang dianalisis dari portal inaRISK. Data ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah untuk menentukan prioritas lokasi program penanggulangan bencana dan pembangunan berbasis pengurangan risiko bencana (Badan Penanggulangan Bencana Nasional, 2019). Keberadaan ABSAH di daerah rawan kekeringan diharapkan dapat menjadi sumber alternatif lain ketika terjadi kekeringan. Oleh karena itu, daerah rawan kekeringan lebih diprioritaskan dalam pembangunan ABSAH dibanding kawasan yang tidak rawan kekeringan.

Pengembangan Pembangunan Desa

Indeks Desa Membangun (IDM) adalah indeks komposit yang dibentuk dari indeks ketahanan sosial (modal sosial, kesehatan, pendidikan, dan permukiman), indeks ketahanan ekonomi

(keragaman produksi masyarakat, akses pusat perdagangan dan pasar, akses logistik, akses perbankan dan kredit dan keterbukaan wilayah) dan indeks ketahanan ekologi desa (kualitas lingkungan, bencana alam dan tanggap bencana). IDM disusun dengan tujuan untuk menjadi panduan bagi pemerintah pusat, daerah dan desa dalam memanfaatkan data dan informasi IDM sebagai salah satu dasar perencanaan, pelaksanaan, pemantauan, dan evaluasi pembangunan desa (Menteri Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi Republik Indonesia, 2016).

Berdasarkan Peraturan Menteri Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal dan Transmigrasi No. 2 Tahun 2016, status kemajuan dan kemandirian desa diklasifikasikan dalam 5 status yaitu mandiri, maju, berkembang, tertinggal dan sangat tertinggal, sebagai berikut:

- 1) Desa Mandiri adalah desa maju yang memiliki kemampuan melaksanakan pembangunan desa untuk peningkatan kualitas hidup dan kehidupan sebesar-besarnya kesejahteraan masyarakat desa dengan ketahanan sosial, ketahanan ekonomi, dan ketahanan ekologi secara berkelanjutan.
- 2) Desa Maju adalah desa yang memiliki potensi sumber daya sosial, ekonomi dan ekologi, serta kemampuan mengelolanya untuk peningkatan kesejahteraan masyarakat desa, kualitas hidup manusia, dan menanggulangi kemiskinan.
- 3) Desa Berkembang adalah desa potensial menjadi desa maju, yang memiliki potensi sumber daya sosial, ekonomi, dan ekologi tetapi belum mengelolanya secara optimal untuk peningkatan kesejahteraan masyarakat desa, kualitas hidup manusia dan menanggulangi kemiskinan.
- 4) Desa Tertinggal adalah desa yang memiliki potensi sumber daya sosial, ekonomi, dan ekologi tetapi belum, atau kurang mengelolanya dalam upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat desa, kualitas hidup manusia serta mengalami kemiskinan dalam berbagai bentuknya.
- 5) Desa Sangat Tertinggal adalah desa yang mengalami kerentanan karena masalah bencana alam, goncangan ekonomi, dan konflik sosial sehingga tidak berkemampuan mengelola potensi sumber daya sosial, ekonomi, dan ekologi, serta mengalami kemiskinan dalam berbagai bentuknya.

Keberadaan ABSAH sebagai salah satu infrastruktur penyediaan air baku diharapkan

dapat meningkatkan pengembangan pembangunan suatu desa. Oleh karena itu, desa dengan IDM rendah memiliki peringkat yang lebih tinggi dibanding desa dengan IDM tinggi dalam penentuan skala prioritas pembangunan ABSAH. Namun ini bukan berarti bahwa desa IDM tinggi tidak atau belum boleh melakukan pembangunan ABSAH.

Upah Minimum

Upah minimum adalah upah bulanan terendah berupa upah tanpa tunjangan atau upah pokok termasuk tunjangan tetap yang ditetapkan oleh gubernur sebagai 75 jaring pengaman (Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2018).

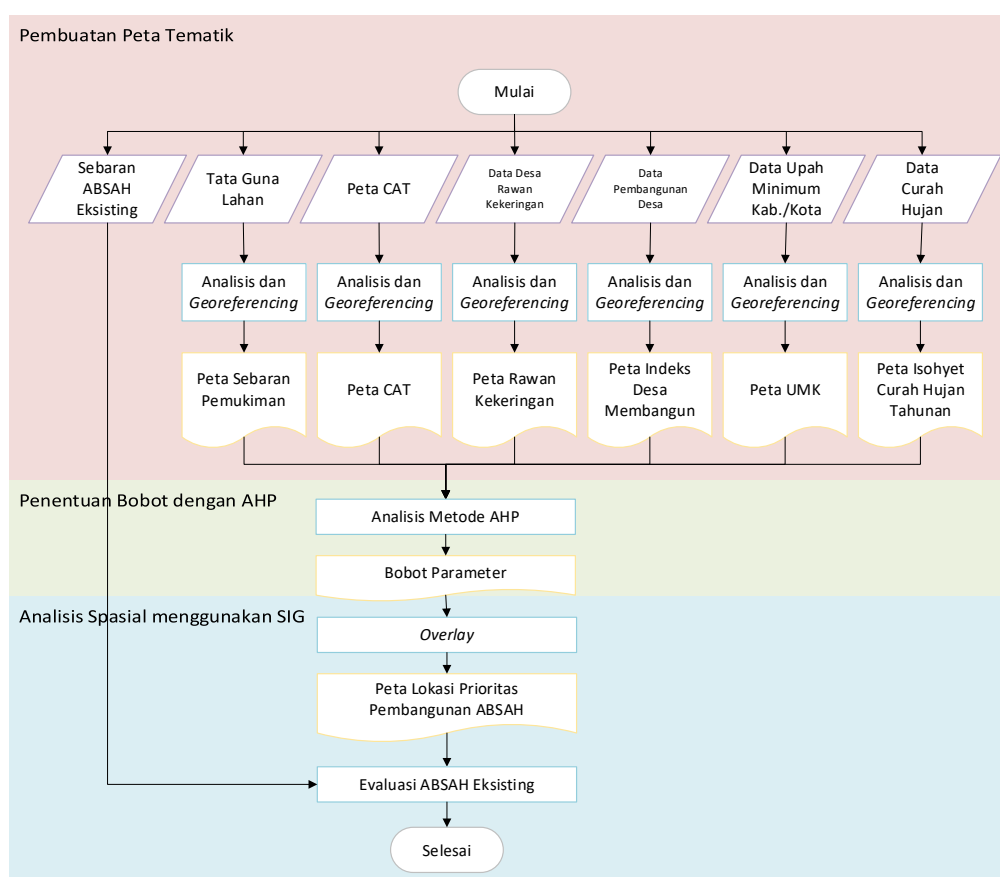
Besaran upah minimum secara tidak langsung berpengaruh pada upah tenaga kerja konstruksi (mandor, tukang, dan pekerja) dan harga material konstruksi. Dengan anggaran yang sama, daerah dengan upah minimum yang lebih rendah dapat membuat ukuran ABSAH yang lebih besar atau jumlah unit yang lebih banyak dibandingkan daerah dengan upah minimum yang lebih tinggi. Oleh karena itu, daerah dengan UMK rendah lebih diprioritaskan dibandingkan dengan daerah dengan UMK tinggi.

Persiapan Data dan Analisis

Berbagai metode dapat digunakan untuk mengintegrasikan kriteria yang berbeda ke dalam suatu alat untuk pemilihan lokasi pemanenan air hujan (Ammar et al., 2016). Metode yang sering digunakan adalah integrasi analisis multi kriteria dan SIG (Al-Adamat et al., 2012; Aslinejad et al., 2014; Mahmoud & Alazba, 2015; Ziadat et al., 2012).

Secara garis besar, metode penelitian dibagi menjadi 3 tahapan yaitu, pembuatan peta tematik, penentuan bobot parameter dengan metode AHP dan analisis spasial menggunakan SIG. Rincian metode penelitian dijelaskan dengan diagram alir pada Gambar 6.

Peta tematik dibuat berdasarkan parameter yang telah ditentukan sebelumnya. Peta ini kemudian diberi bobot yang dihitung dengan analisis AHP untuk kemudian di-*overlay* menggunakan SIG. Perbandingan dibuat dengan skala angka yang mengindikasikan tingkat kepentingan atau dominasi satu parameter terhadap parameter lain dengan memperhatikan properti maupun kriteria yang dibandingkan. Skala Kepentingan Saaty dijelaskan pada Tabel 2.



Gambar 6 Diagram Alir Penelitian

Tabel 2 Skala kepentingan Saaty

Tingkat Kepentingan	Definisi	Keterangan
1	<i>Equal importance</i>	Dua parameter yang berkontribusi sama besar terhadap tujuan
3	<i>Moderate importance</i>	Pengalaman dan penilaian sedikit mendukung pada salah satu parameter
5	<i>Strong importance</i>	Pengalaman dan penilaian sangat mendukung pada salah satu parameter
7	<i>Very strong</i>	Parameter sangat mendukung dan didemonstrasikan secara nyata
9	<i>Extreme importance</i>	Satu parameter lebih unggul daripada parameter lain dan dibuktikan dengan kuat.
2, 4, 6, 8	<i>Nilai tengah</i>	Jika diperlukan kompromi.
1/n	Kebalikan	Jika parameter i mendapat satu angka dibanding dengan parameter j, maka parameter j memiliki nilai kebalikan dibandingkan dengan i

Sumber: (T. L. Saaty, 2003; Tsiko & Haile, 2011)

Untuk memperoleh prioritas disusun matriks perbandingan berpasangan antar parameter yang dibuat berdasarkan Skala Kepentingan Saaty. Bobot (vektor prioritas) dan konsistensi dihitung dengan metode eigenvector (R. W. Saaty, 1987). Nilai vektor prioritas tersebut adalah bobot tiap parameter. Nilai vektor prioritas menunjukkan pengaruh parameter. Semakin penting atau semakin besar pengaruh parameter maka semakin besar nilai vektor prioritas.

Konsistensi penyusunan matriks diuji dengan menggunakan *Consistency Index* (CI) dan *Consistency Ratio* (CR) sebagai berikut.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \dots \dots \dots (2)$$

Nilai λ_{max} diperoleh dari hasil komputasi metode eigenvector sebagai nilai maksimum eigenvalue dan n adalah jumlah parameter yang digunakan. Nilai Random Index (RI) dijelaskan pada Tabel 3. Nilai CR yang dapat diterima adalah kurang dari 0.1.

Tabel 3 Nilai Random Index (RI)

n	1	2	3	4	5
RI	0	0	0.52	0.89	1.11

n	6	7	8	9	10
RI	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Sumber: T. L. Saaty (2003)

Kriteria identifikasi lokasi prioritas ABSAH untuk setiap piksel kemudian dihitung dengan menggunakan perangkat lunak SIG. SIG adalah alat yang sangat berguna, terutama di area dengan informasi yang sangat terbatas, seperti di negara berkembang (Mahmoud & Alazba, 2015). Berbagai peta tematik dapat dibuat dengan mengaplikasikan analisis spasial menggunakan perangkat lunak SIG. Kumpulan peta tematik ini kemudian dintegrasikan untuk menghasilkan lokasi terbaik untuk pemanenan air hujan (Ammar et al., 2016). Peta lokasi prioritas pembangunan ABSAH kemudian di-*overlay* terhadap peta sebaran ABSAH eksisting. Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi lokasi ABSAH eksisting.

HASIL DAN PEMBAHASAN

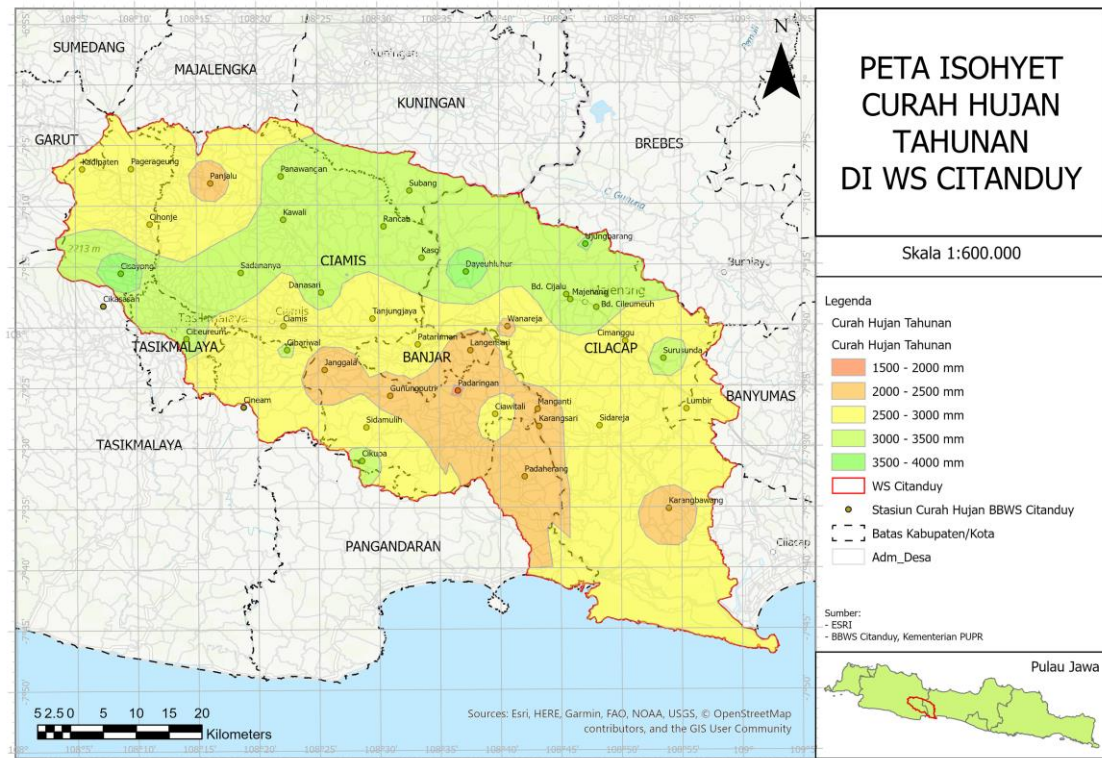
Peta Tematik

Data curah hujan tahunan diambil dari 40 buah pos hujan yang tersebar di WS Citanduy. Periode data yang diambil meliputi curah hujan 10 tahun terakhir (2011-2020). Klasifikasi curah hujan disesuaikan dengan kondisi di daerah penelitian (Gambar 7a). Peta Daerah Pemukiman diperoleh dari Peta Tata Guna Lahan yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial (Gambar 7b).

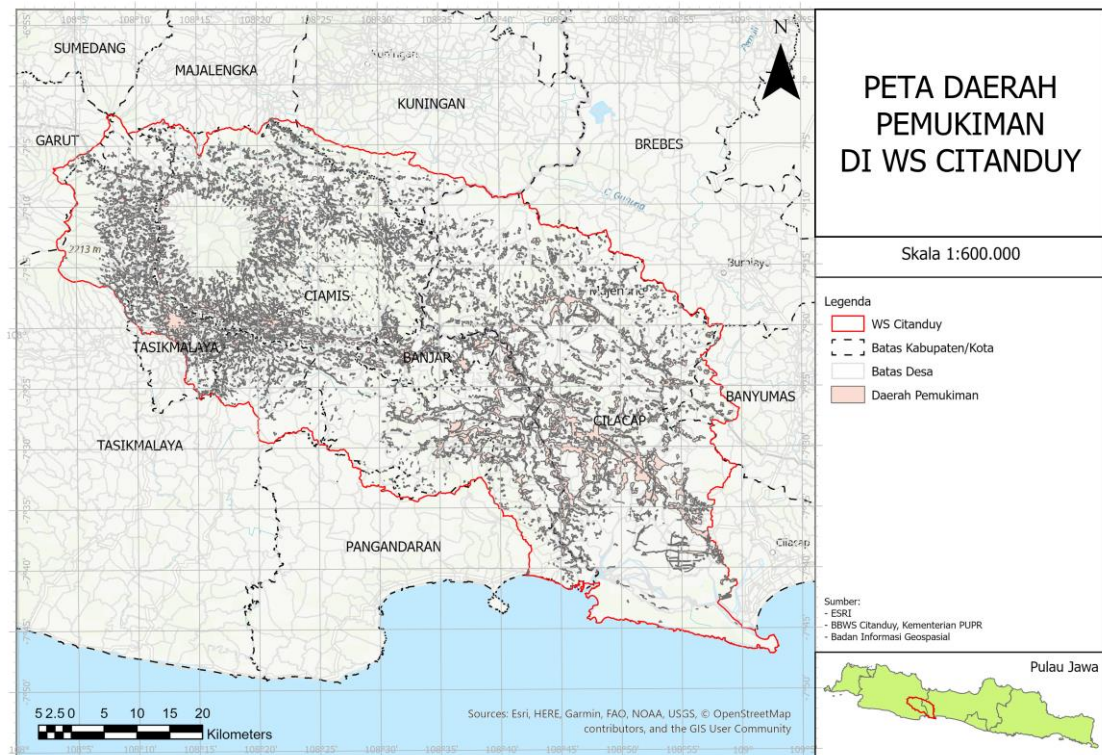
Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 2 Tahun 2017 tentang Cekungan Air Tanah, pada WS Citanduy terdapat 8 CAT, yaitu CAT Ciamis, CAT Garut, CAT Kawali, CAT Majenang, CAT Malangbong, CAT Nusakambangan, CAT Sidareja dan CAT Tasikmalaya (Gambar 7c).

Sebaran desa/kelurahan rawan kekeringan di daerah penelitian dijelaskan pada Gambar 7d. Pada WS Citanduy hanya terdapat kelas rawan kekeringan sedang, yaitu sebanyak 219 desa. Jumlah ini meliputi 29% dari jumlah desa keseluruhan di daerah penelitian.

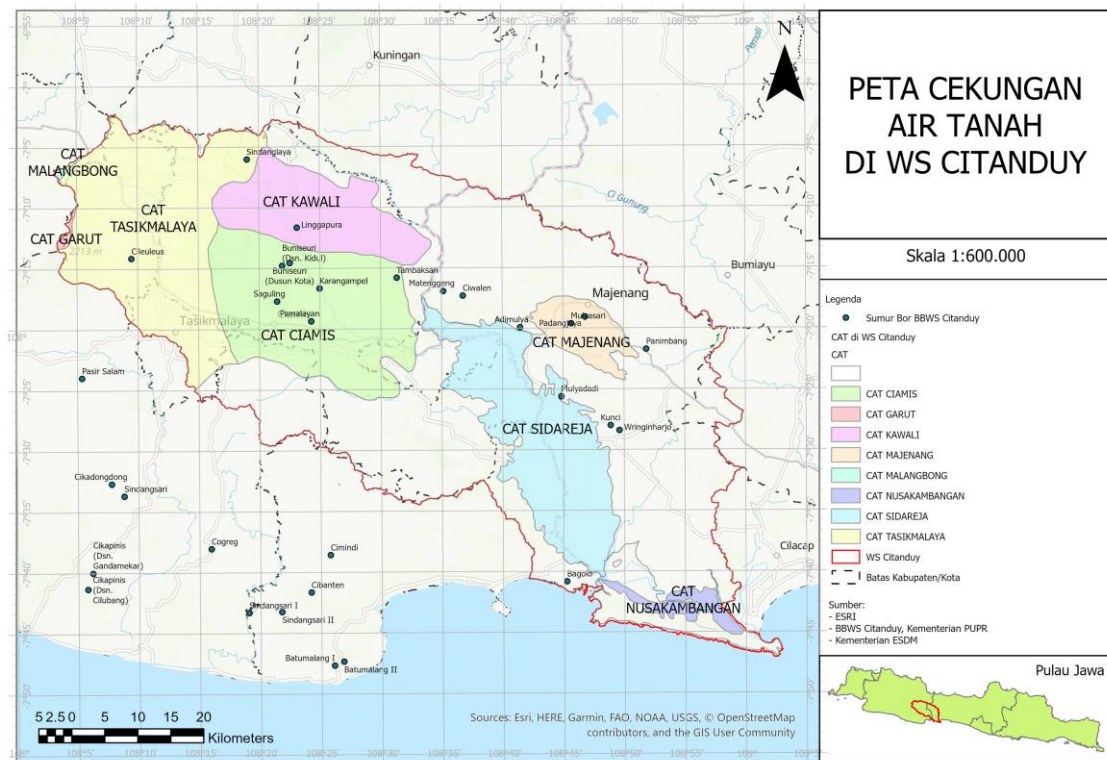
Sebaran status IDM di daerah penelitian dijelaskan pada Gambar 7e. Terdapat 4 status IDM pada daerah penelitian, yaitu Desa Mandiri (10,21%), Desa Maju (28,51%), Desa Berkembang (48,41%), Desa Tertinggal (1,06%) serta desa/kelurahan tanpa status (10,21%). Tabel 4 menunjukkan data UMK pada daerah penelitian yang kemudian dituangkan dalam Gambar 7f.



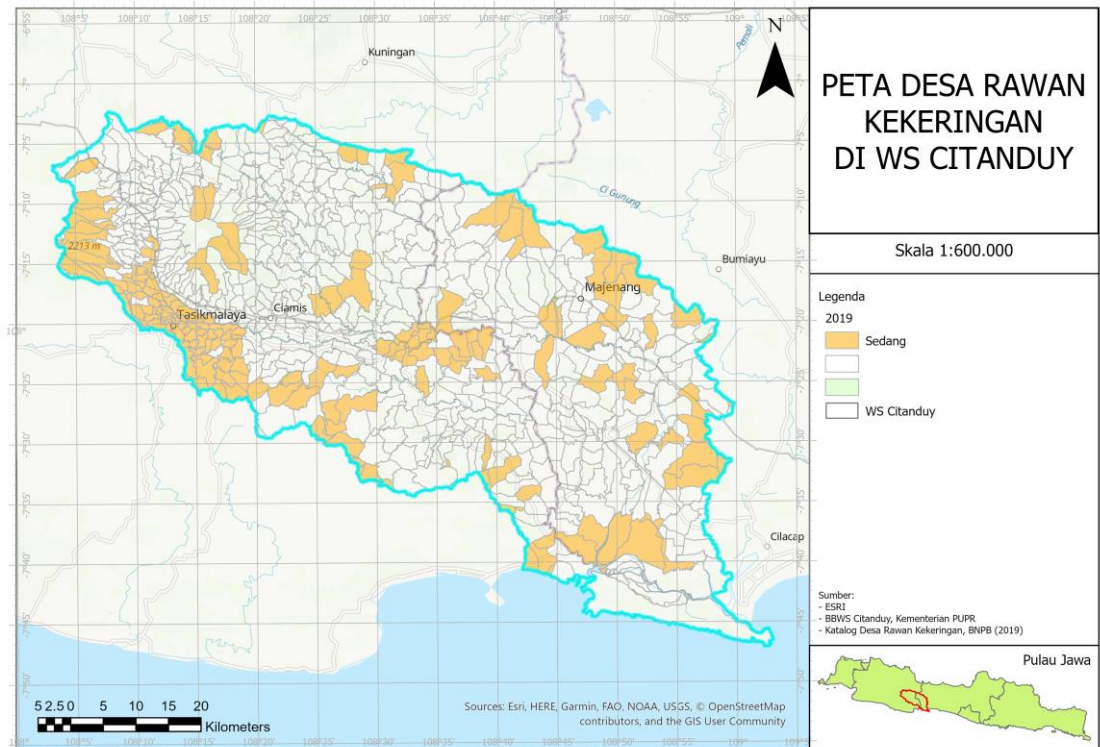
(a)



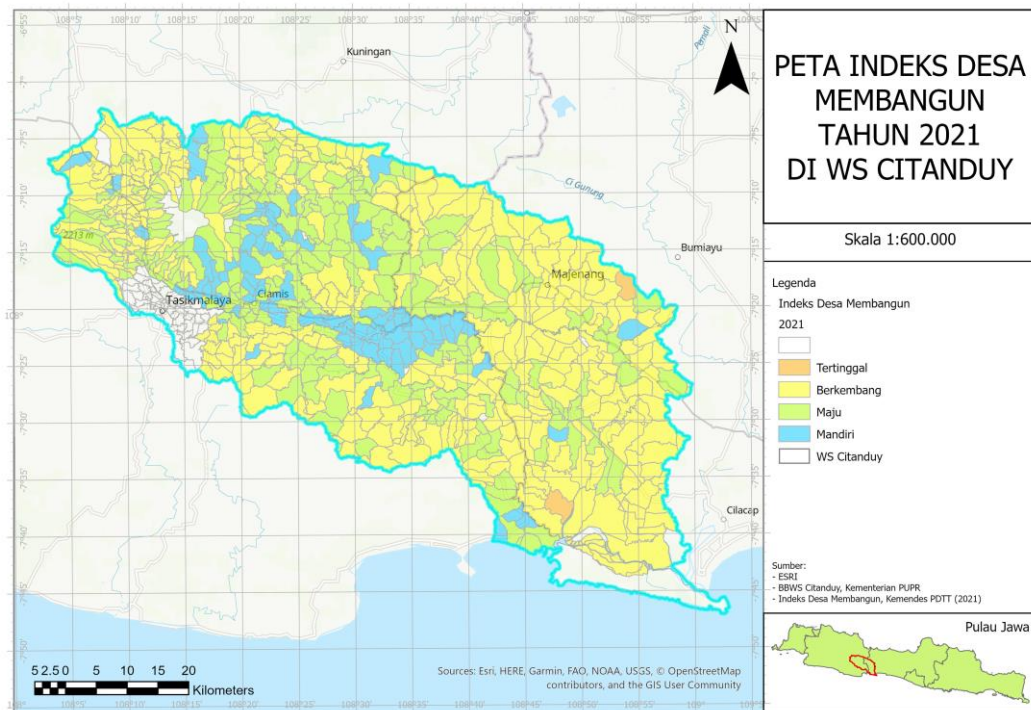
(b)



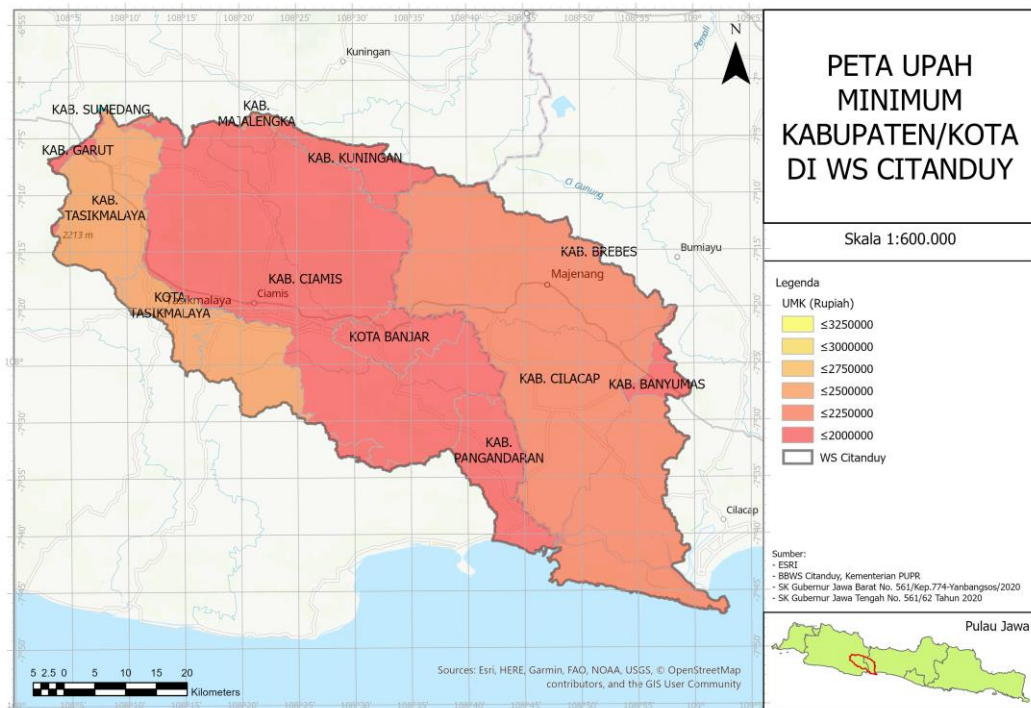
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 7 Peta Tematik yang digunakan dalam penelitian: (a) Peta Isohyet Curah Hujan Tahunan di WS Citanduy (b) Peta Daerah Pemukiman di WS Citanduy (c) Peta Cekungan Air Tanah di WS Citanduy (d) Peta Desa Rawan Kekeringan (BNPB, 2019) (e) Peta Indeks Desa Membangun (Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal dan Transmigrasi, 2021) dan (f) Peta Upah Minimum Kabupaten/Kota di WS Citanduy

Tabel 4 Besaran Upah Minimum Tahun 2021 di WS Citanduy

No.	Kabupaten/Kota	UMK Tahun 2021
1	Kab. Ciamis	Rp 1,880,654.54
2	Kab. Garut	Rp 1,961,085.70
3	Kab. Kuningan	Rp 1,882,642.36
4	Kab. Majalengka	Rp 2,009,000.00
5	Kab. Pangandaran	Rp 1,860,591.33
6	Kab. Sumedang	Rp 3,241,929.67
7	Kab. Tasikmalaya	Rp 2,251,787.92
8	Kota Banjar	Rp 1,831,884.83
9	Kota Tasikmalaya	Rp 2,264,093.28
10	Kab. Banyumas	Rp 1,970,000.00
11	Kab. Brebes	Rp 1,866,722.90
12	Kab. Cilacap	Rp 2,228,904.00

Sumber: (Gubernur Jawa Barat, 2020; Gubernur Jawa Tengah, 2020)

Tabel 5 Matriks Berpasangan

Para-meter	Curah Hujan	Tata Guna Lahan	Keberadaan Air Tanah	Rawan Kekeringan	Pembangu-nan Desa	Upah Minimum
Curah Hujan	1	3	4 4/7	3 7/8	6	7
Tata Guna Lahan	1/3	1	3 7/8	7/9	2 1/4	3 7/8
Keberadaan Air Tanah	2/9	¼	1	2/3	5/6	1
Rawan Kekeringan	¼	1 2/7	1 ½	1	3	1 3/4
Pemba-ngunan Desa	1/6	4/9	1 1/5	1/3	1	1 3/4
Upah Minimum	1/7	1/4	1	4/7	4/7	1

Pembobotan Parameter Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP)

Setelah tahapan pembuatan peta tematik, dilakukan tahapan pembobotan parameter. Sejumlah partisipan menilai skala kepentingan antara parameter yang hasilnya dituangkan dalam matriks berpasangan (Tabel 5).

Analisis konsistensi dengan bobot parameter pada Tabel 5 menghasilkan nilai CR sebesar 3,2%, yang berarti pemberian nilai kepentingan untuk 6 parameter tersebut bersifat valid dan dapat

diterima. Adapun pembobotan parameter, kelas dan peringkat kelas tercantum pada Tabel 6.

Tabel 6 Pembobotan Parameter

No.	Para-meter	Bobot (%)	Klasifikasi	Peringkat
<i>Komponen Biofisik</i>				
1.	Curah Hujan	45	> 3500 mm	5
			3000 – 3500 mm	4
			2500 – 3000 mm	3
			2000 – 2500 mm	2
			< 2000 mm	1
2.	Tata Guna Lahan	19	Area Pemukiman	5
			Area Non Pemukiman	1
3.	Keberadaan Air Tanah	7	Bukan CAT	5
			Daerah CAT	3
<i>Komponen Sosial-Ekonomi</i>				
4.	Rawan Kekeringan	15	Tinggi	5
			Sedang	3
			Tidak Rawan	1
5.	Pemba-ngunan Desa	8	Tertinggal	5
			Berkembang	4
			Maju	3
			Mandiri	2
			Tidak diketahui	1
6.	Upah Minimum	6	< Rp2.000.000	4
			Rp2.000.000 – Rp2.250.000	3
			Rp2.250.000 – Rp2.500.000	2
			> Rp2.500.000	1

Lokasi Prioritas Pembangunan ABSAH

Peta lokasi prioritas pembangunan ABSAH disusun dengan metode AHP menggunakan bobot parameter pada Tabel 6. Kelas prioritas dibagi menjadi 5 kelas, yaitu prioritas sangat tinggi, prioritas tinggi, prioritas sedang, prioritas rendah dan prioritas sangat rendah (Gambar 10). Rangkuman luas masing-masing kelas prioritas disajikan pada Tabel 7.

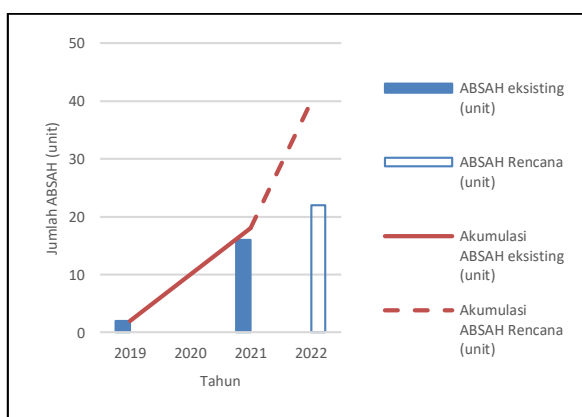
Tabel 7 Rangkuman Lokasi Prioritas ABSAH

Kelas Prioritas	Luas (km ²)	Persentase (%)
Sangat Tinggi	160	3,58
Tinggi	1.075	24,03
Sedang	2.852	63,73
Rendah	380	8,49
Sangat Rendah	8	0,17

Kelas prioritas sangat tinggi, tinggi dan sedang, merupakan daerah sasaran utama penempatan ABSAH, sedangkan kelas prioritas rendah dan sangat rendah dapat dibangun ABSAH dengan pertimbangan tertentu, misalnya ekspektasi kebutuhan air yang bertambah, sumber air yang jaraknya terlalu jauh atau pertimbangan lainnya.

Evaluasi

Pada tahun 2019-2021, BBWS Citanduy telah melakukan pembangunan ABSAH sebanyak 18 unit dan akan terus bertambah (Gambar 8).



Gambar 8 Grafik Pembangunan ABSAH BBWS Citanduy

Tabel 8 Evaluasi berdasarkan ABSAH Eksisting

Kelas Prioritas	ABSAH Eksisting (unit)	Persentase (%)
Sangat Tinggi	2	11.76
Tinggi	7	41.18
Sedang	8	47.06
Rendah	-	-
Sangat Rendah	-	-

Dari 18 unit ABSAH eksisting, 17 unit diantaranya tersebar di seluruh WS Citanduy dan 1 unit berada di luar WS Citanduy (Gambar 11).

Dengan melakukan *overlay* koordinat ABSAH eksisting terhadap Peta Lokasi Prioritas Pembangunan ABSAH di WS Citanduy, disimpulkan bahwa sebagian besar ABSAH eksisting terletak di zona prioritas sedang dan prioritas tinggi (Tabel 8).

Gambar 9 menunjukkan pemanfaatan ABSAH di Desa Sidamulya, Kecamatan Cisaga, Kabupaten Ciamis. Desa Sidamulya merupakan salah satu desa yang berada di kelas prioritas sedang.



Sumber: (Dokumentasi SNVT PIPA Citanduy)

Gambar 9 Pemanfaatan bangunan ABSAH di Desa Sidamulya, Kec. Cisaga, Kab. Ciamis.

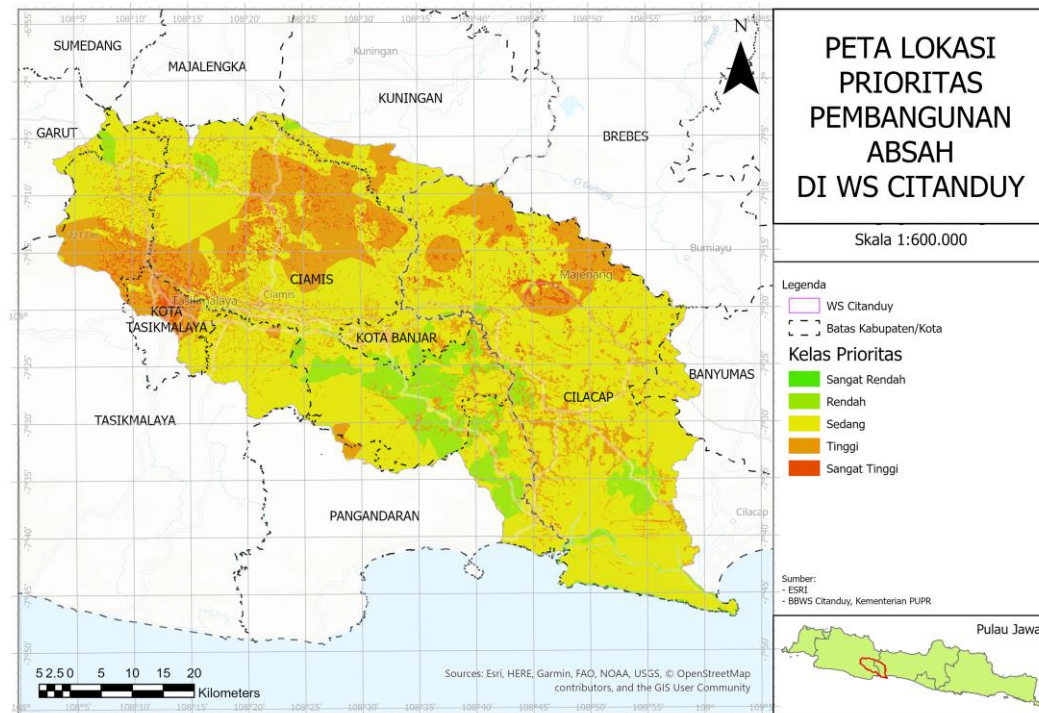
KESIMPULAN

Studi untuk mengidentifikasi lokasi prioritas pembangunan ABSAH di WS Citanduy telah memperlihatkan faktor utama penentuan lokasi prioritas adalah curah hujan, tata guna lahan, kelas rawan kekeringan, pengembangan pembangunan desa, keberadaan air tanah, dan upah minimum. Hasil analisis menunjukkan bahwa zona prioritas sedang mendominasi area studi (63,73% dari luas WS Citanduy), kemudian diikuti zona prioritas tinggi (24,03%), sangat tinggi (3,58%) dan sangat rendah (0,17%). Evaluasi ABSAH eksisting terhadap peta lokasi prioritas menunjukkan bahwa terdapat 8 unit ABSAH di lokasi prioritas sedang, 7 unit di prioritas tinggi dan 2 unit di prioritas sangat tinggi. Peta lokasi prioritas pembangunan ABSAH dapat bermanfaat bagi pemangku kepentingan sebagai pertimbangan dalam menetapkan lokasi dan desain bangunan ABSAH yang efisien untuk pemenuhan kebutuhan air bagi masyarakat di daerahnya. Tulisan ini juga dapat menjadi pembanding studi pemanenan air hujan di daerah lain.

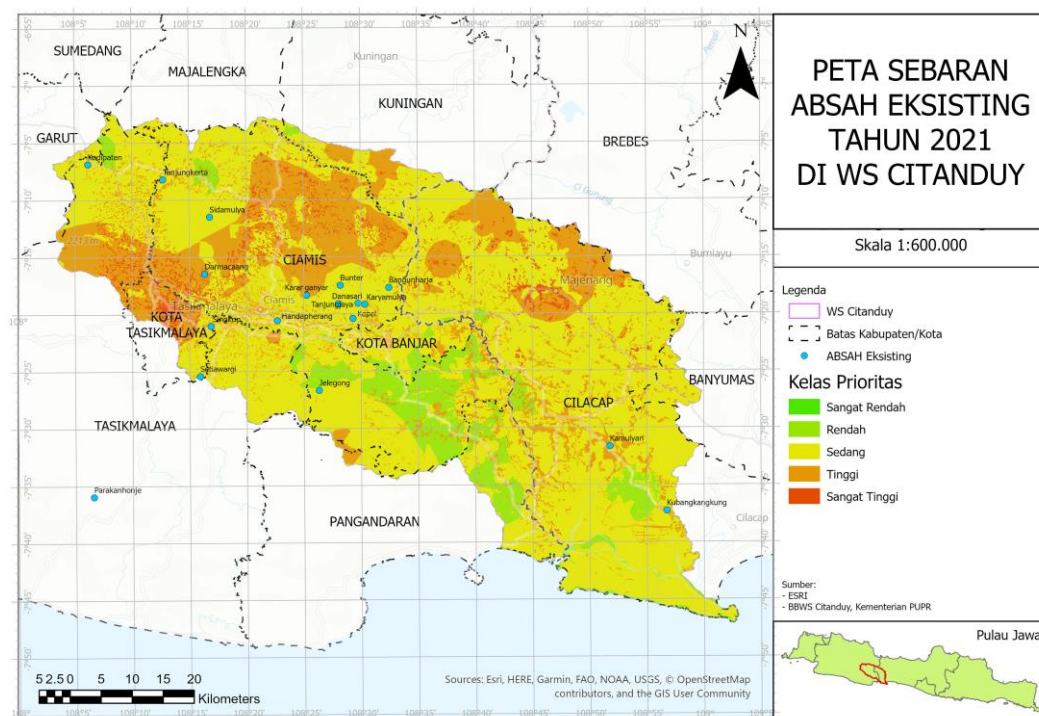
Studi ini memiliki beberapa batasan, yaitu lokasi WS Citanduy yang merupakan batasan hidrologi dan metode pembobotan yang digunakan adalah AHP yang bersifat semi-objektif. Dalam

penerapan studi sejenis di area lain, perlu ditentukan parameter lain yang tergantung pada kondisi alamiah dan sosial-ekonomi di area tersebut. Selain itu, jumlah, pengetahuan dan pengalaman

partisipan dalam menilai tingkat kepentingan relatif antar parameter juga sangat mempengaruhi pembobotan.



Gambar 10 Peta Lokasi Prioritas Pembangunan ABSAH di WS Citanduy



Gambar 11 Peta Sebaran ABSAH Eksisting

Studi lebih lanjut dari penelitian ini adalah validasi dari hasil analisis terhadap kondisi aktual, seperti penelitian pendapat masyarakat setempat mengenai pemanfaatan penampungan air hujan dan pemantauan pemanfaatan ABSAH eksisting di lokasi dengan prioritas tinggi maupun rendah. Selain itu adalah upaya untuk meningkatkan keakuratan peta dengan penambahan data (misalnya data curah hujan yang lebih detail untuk interpolasi curah hujan) dan parameter (misalnya: kelerengan, ketersediaan layanan air minum perpipaan, ketersediaan tenaga kerja, kepemilikan lahan, risiko banjir, kepadatan penduduk). Selain itu, analisis sensitivitas perlu juga dilakukan untuk mengetahui parameter dominan yang mempengaruhi penentuan lokasi prioritas

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada rekan-rekan di SNVT PJPA dan di Bidang Keterpaduan Pembangunan Infrastruktur Sumber Daya Air, BBWS Citanduy, atas bantuannya selama penulisan naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aklan, M., Al-Komaim, M., & de Fraiture, C. (2022). Site suitability analysis of indigenous rainwater harvesting systems in arid and data-poor environments: a case study of Sana'a Basin, Yemen. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02402-7>
- Al-Adamat, R., AlAyyash, S., Al-Amoush, H., Al-Meshan, O., Rawajfih, Z., Shdeifat, A., Al-Harashsheh, A., & Al-Farajat, M. (2012). The Combination of Indigenous Knowledge and Geo-Informatics for Water Harvesting Siting in the Jordanian Badia. *Journal of Geographic Information System*, 04(04), 366–376. <https://doi.org/10.4236/jgis.2012.44042>
- Ammar, A., Riksen, M., Ouassar, M., & Ritsema, C. (2016). Identification of suitable sites for rainwater harvesting structures in arid and semi-arid regions: A review. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(2), 108–120. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.03.001>
- Aslinejad, N., Nasiri, A., Karkon, M., Alipur, H., & Kharazmi, R. (2014). Locating Suitable Areas for Rain Water Harvesting. *Elixir Remote Sensing*, 75, 27616–27619.
- Badan Penanggulangan Bencana Nasional. (2019). *Katalog Desa Kelurahan Rawan Kekeringan*.
- Bakir, M., & Xing-nan, Z. (2008). Gis And Remote Sensing Applications For Rainwater Harvesting In The Syrian Desert (Al-Badia). *Twelfth International Water Technology Conference, IWTC12 2008*, 73–82.
- Global Administrative Areas. (2012). *GADM database of Global Administrative Areas, version 2.0*. [online]. [Http://Www.Gadm.Org](http://www.Gadm.Org).
- Gubernur Jawa Barat. (2020). *Keputusan Gubernur Jawa Barat Nomor 561/Kep.774-Yanbangsos/2020 tentang Upah Minimum Kabupaten/Kota di Daerah Provinsi Jawa Barat Tahun 2021*.
- Gubernur Jawa Tengah. (2020). *Keputusan Gubernur Jawa Tengah Nomor 561/62 Tahun 2020 tentang Upah Minimum pada 35 (Tiga Puluh Lima) Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021*.
- Haddad, A. (2007). Coping with water scarcity. *Water and Wastewater International*, 22(3), 10. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9579-5>
- Kahinda, J. M., Lillie, E. S. B., Taigbenu, A. E., Taute, M., & Boroto, R. J. (2008). Developing suitability maps for rainwater harvesting in South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 33(8–13), 788–799. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2008.06.047>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2020). *Panduan Pembangunan Akuifer Buatan Simpanan Air Hujan (ABSAH)*.
- Mahmoud, S. H., & Alazba, A. A. (2015). The potential of in situ rainwater harvesting in arid regions: developing a methodology to identify suitable areas using GIS-based decision support system. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(7), 5167–5179. <https://doi.org/10.1007/s12517-014-1535-3>
- Maina, C. W., & Raude, J. M. (2016). Assessing land suitability for rainwater harvesting using geospatial techniques: A case study of njoro catchment, Kenya. *Applied and Environmental Soil Science*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/4676435>
- Mbilinyi, B. P., Tumbo, S. D., Mahoo, H. F., & Mkiramwinyi, F. O. (2007). GIS-based decision support system for identifying potential sites for rainwater harvesting. *Physics and Chemistry of the Earth*, 32(15–18), 1074–1081. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2007.07.014>

- Menteri Desa Pembangunan Daerah Tertinggal dan Transmigrasi Republik Indonesia. (2016). *Peraturan Menteri Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2016 tentang Indeks Desa Membangun*.
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2017). *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2017 Tentang Cekungan Air Tanah di Indonesia*.
- Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2018). *Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2018 tentang Upah Minimum*.
- Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04/PRT/M/2015 tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai*.
- Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (2013). *Keputusan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 483/KPTS/M/2013 tentang Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Citanduy*.
- Moges, K. G. (2009). *Identification of potential rain water harvesting areas in the Central Rift Valley of Ethiopia using a GIS-based approach* [Master of Science Thesis]. Wageningen University.
- Nyirenda, F., Mhizha, A., Gumindoga, W., & Shumba, A. (2021). A gis-based approach for identifying suitable sites for rainwater harvesting technologies in kasungu district, malawi. *Water SA*, 47(3), 347–355. <https://doi.org/10.17159/wsa/2021.v47.i3.11863>
- Presiden Republik Indonesia. (2019). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air*.
- Prinz, D., Oweis, T., & Oberle, A. (1998). *Rainwater Harvesting for Dry Land Agriculture - Developing a Methodology Based on Remote Sensing and GIS*. 1–12.
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3–5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Saaty, T. L. (2003). Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. *European Journal of Operational Research*, 145(1), 85–91. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00227-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00227-8)
- Sharma, M. P., & Kujur, A. (2012). Application of Remote Sensing and GIS for groundwater recharge zone in and around Gola Block , Ramgargh. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2(2), 1–6.
- Soenarto, B. (2003). *Tata Cara Desain Bangunan Akuifer Buatan dan Simpanan Air Hujan (ABSAH) untuk Penyediaan Air Baku Mandiri*. (Pd T-05-2003-A). Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Republik Indonesia.
- Tsiko, R. G., & Haile, T. S. (2011). Integrating Geographical Information Systems, Fuzzy Logic and Analytical Hierarchy Process in Modelling Optimum Sites for Locating Water Reservoirs. A Case Study of the Debub District in Eritrea. *Water*, 3(1), 254–290. <https://doi.org/10.3390/w3010254>
- UN HABITAT. (2005). *Rainwater Harvesting And Utilisation. Book 3: Project Managers & Implementing Agencies*. 101.
- Vittala, S. S., Govindaiah, S., & Gowda, H. H. (2008). Prioritization of sub-watersheds for sustainable development and management of natural resources: An integrated approach using remote sensing, GIS and socio-economic data. *Current Science*, 95(3), 345–354.
- Wu, R. S., Molina, G. L. L., & Hussain, F. (2018). Optimal Sites Identification for Rainwater Harvesting in Northeastern Guatemala by Analytical Hierarchy Process. *Water Resources Management*, 32(12), 4139–4153. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-2050-1>
- Ziadat, F., Bruggeman, A., Oweis, T., Haddad, N., Mazahreh, S., Sartawi, W., & Syuof, M. (2012). A Participatory GIS Approach for Assessing Land Suitability for Rainwater Harvesting in an Arid Rangeland Environment. *Arid Land Research and Management*, 26(4), 297–311. <https://doi.org/10.1080/15324982.2012.709214>