

# OPTIMALISASI KEBIJAKAN PENGEMBANGAN PANAS BUMI DALAM MENDUKUNG KETAHANAN ENERGY NASIONAL BERBASIS ANALYTICAL NETWORK PROCESS

## OPTIMIZING GEOTHERMAL DEVELOPMENT POLICIES IN SUPPORTING NATIONAL ENERGY SECURITY BASED ON ANALYTICAL NETWORK PROCESS

Abdulloh Ubaid<sup>1</sup>, Donny Yoesgiantoro<sup>2</sup>, Purnomo Yusgiantoro<sup>3</sup>

KETAHANAN ENERGI FAKULTAS MANAJEMEN PERTAHANAN  
UNIVERSITAS PERTAHANAN INDONESIA

<sup>1</sup>[Abdullohubaid19@gmail.com](mailto:Abdullohubaid19@gmail.com), <sup>2</sup> [Energyprogram@gmail.com](mailto:Energyprogram@gmail.com), <sup>3</sup> [purnomoys@gmail.com](mailto:purnomoys@gmail.com)

**Abstrak** Pengembangan energi panas bumi menjadi *base load* energi nasional jangka panjang memiliki potensi yang besar sejalan dengan peningkatan kebutuhan energi serta transisi energi. Namun kebijakan pengembangan panas bumi terhambat dengan ketidakpastian status penggunaan air. Penelitian ini memfokuskan pada keterkaitan kebijakan panas bumi dengan kebijakan sumber daya air dan formulasi kebijakan menggunakan *Analytical Network Process* (ANP) untuk mendapatkan konsensus yang didasarkan pada aspek ketahanan energi nasional dan aspek keberlanjutan yang melibatkan pemangku kebijakan dan korporasi. Tujuan penelitian adalah menganalisis keterkaitan kebijakan Undang-Undang No. 21 Tahun 2014 tentang Panas Bumi dengan Undang-undang No. 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air kaitannya ketahanan energi nasional dan mendapatkan rumusan kebijakan energi optimal yang mempertimbangkan Undang-undang No. 21 Tahun 2014 tentang Panas Bumi dengan Undang-undang No. 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air yang memenuhi keberlanjutan lingkungan dan bisnis energi panas bumi. Dari penelitian yang telah dilakukan, adanya *gap* antara Undang-Undang Panas bumi dan Undang-Undang Sumber Daya air menjadikan ketidakpastian hukum pengembangan panas bumi khususnya dalam hal status penggunaan air dan proses pengadaan air selama proses eksplorasi dan eksploitasi panas bumi. Adapun formulasi kebijakan yang memungkinkan dengan mempertimbangkan urutan Keberlanjutan, Ketersediaan, Penerimaan, Akses dan Keterjangkauan yang berfokus pada aspek Tingkat eksplorasi dan lokasi sumber, Harga Energi, Penempatan Populasi dan distribusinya, Pengaruh Budaya pada Sistem Energi, dan Dampak Kesehatan Masyarakat terhadap Sistem Energi.

**Kata Kunci:** *Analytical Network Process*, Kebijakan Energi, Ketahanan Energi, Panas Bumi, Formulasi Kebijakan

**Abstract (English)** – *The development of geothermal energy into a long-term national energy base load has great potential in line with the increasing energy demand and energy transition. However, geothermal development policies are hampered by the uncertainty of the status of water use. This study focuses on the linkage of geothermal policy with water resources policy and policy formulation using the Analytical Network Process (ANP) to obtain a consensus based on aspects of national energy security and sustainability aspects involving policy*

makers and corporations. The purpose of this research is to analyze the relationship between the policies of Law no. 21 of 2014 concerning Geothermal with Law no. 17 of 2019 concerning Water Resources in relation to national energy security and obtaining an optimal energy policy formulation that takes into account Law no. 21 of 2014 concerning Geothermal with Law no. 17 of 2019 concerning Water Resources that meet environmental sustainability and the geothermal energy business. From the research that has been done, the gap between the Geothermal Law and the Water Resources Law creates legal uncertainty for geothermal development, especially in terms of the status of water use and the water supply process during the geothermal exploration and exploitation process. The policy formulation is possible by considering the sequence of Sustainability, Availability, Acceptability, Accessibility, and Affordability which focuses on aspects of Exploration rate and resource location, Energy Price, Population Settlement and Distribution, Cultural effect on energy system, Impact of people health on the energy system.

**Keywords:** Analytical Network Process, policy formulation, Geothermal, Energy Policy, Energy Security

## Pendahuluan

Energi telah menjadi kebutuhan dasar manusia. Penggunaan energi didasarkan pada *deficiency needs* dan *growth or being needs* (Maslow, 1987). *Deficiency Needs* diartikan sebagai kebutuhan yang tercipta akibat dari kekurangan yang diperlukan untuk bertahan hidup atau yang berkaitan dengan kesejahteraan. Sedangkan *growth or being needs* diartikan sebagai kebutuhan yang tercipta untuk melakukan pertumbuhan diri dalam mencapai target kehidupannya. Pentingnya faktor energi menjadikan peningkatan kebutuhan setiap tahunnya. Tingkat kebutuhan dan spesifikasi konsumsi energi global dalam kondisi normal mengalami tren peningkatan setiap tahunnya namun pada tahun 2020 terdisrupsi oleh krisis global akibat

pandemi covid-19. Besarnya konsumsi energi primer global seiring dengan peningkatan kualitas kehidupan yang menjadikan pemenuhan energi primer salah satu isu penting dari tingkat rumah tangga hingga internasional.

Di tingkat internasional, *World Energy Trilemma Index* dari *World Energy Council* serta perhatian *United Nations* dengan *Sustainable Development Goals* membuat perubahan parameter dan tren energi global (United Nation, 2015; World Energy Council, 2020). Adapun tren energi primer global mengalami tren penurunan energi fosil setiap tahunnya khususnya pada minyak namun tren peningkatan pada energi baru terbarukan. Tren ini merupakan bagian dari transisi energi. Transisi energi yang dimaksud adalah perubahan penggunaan energi dari penggunaan energi berbasis fosil menjadi

energi yang memiliki dampak karbon rendah (Meckling, 2018).

Mengenai energi terbarukan di Indonesia, Khusus mengenai panas bumi, potensi pengembangan menjadi *base load* energi nasional jangka panjang sangat besar. Hal ini sesuai dengan data Kementerian Energi Sumber Daya Mineral (2020) mengenai besarnya potensi eksplorasi dan eksploitasi panas bumi di pulau Sumatera, Jawa dan Sulawesi dengan sumber daya dan cadangan total sebesar 9.517, 8.050 dan 3.071 MWe. Saat ini Indonesia masih memiliki 16 Wilayah Kerja Panas bumi. Dari 16 wilayah kerja panas bumi tersebut, kapasitas totalnya sebesar 2130,9 MW. Terdapat 974,1 MWe setara 31,37% cadangan terbukti atau 21.635,1 MWe setara 91% dari dari seluruh cadangan dan sumber daya yang dapat dioptimalisasi. Adanya adanya gugusan gunung aktif dan masih sedikitnya pengembangan wilayah kerja panas bumi, memungkinkan panas bumi dikembangkan di banyak lokasi dengan karakter sumber daya entalpi yang tinggi sehingga dapat meminimalkan biaya pembangunan melalui integrasi jaringan utama serta interkoneksi dalam skala kecil menengah sesuai letak geografis Indonesia dalam usaha pemenuhan ketahanan energi nasional (Dincer, 2018).

Seiring dengan kebutuhan energi yang tinggi serta dorongan kuat untuk melakukan transisi energi memberikan dampak lebih terhadap lingkungan. Sebagai tindak lanjutnya terdapat Undang-Undang No. 21 Tahun 2014 tentang Panas Bumi, telah dilakukan koordinasi dengan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melalui penyesuaian kebijakan terkait dengan seluruh ketentuan pelaksanaan dari Undang-Undang No. 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya. Namun keluarnya Undang-undang No. 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air menimbulkan ketidaksesuaian kebijakan dalam pengusahaan energi panas bumi dan keberlanjutan bisnis energi panas bumi.

Penelitian ini berfokus pada analisis dampak Undang-undang No. 21 Tahun 2014 tentang Panas Bumi dengan Undang-undang No. 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air dalam kaitannya menjamin pengusahaan energi panas bumi dan keberlanjutan bisnis energi panas bumi dalam mendukung ketahanan energi nasional melalui ketersediaan energi baru terbarukan dalam upaya adaptasi tren energi global serta dan formulasi kebijakan menggunakan *Analytical*

*Network Process* (ANP) untuk mendapatkan konsensus yang didasarkan pada aspek ketahanan energi nasional dan aspek keberlanjutan yang melibatkan pemangku kebijakan dan korporasi.

### **Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif dengan yang menggunakan *Analytical Network Process* (ANP). Dalam penelitian, data diperoleh melalui *indepth interview* dan *pairwise comparison* dari pengambil kebijakan dan perusahaan panas bumi. Selama *indepth interview*, peneliti mengajukan pertanyaan, menganalisis, memotret, dan mengkonstruksi fenomena yang terjadi pada subjek penelitian yang membantu peneliti mendapatkan hasil terbaik. Kondisi ini menyebabkan hasil penelitian ini lebih menekankan pada makna dari data yang telah diperoleh selama proses penelitian berlangsung.

Subjek dalam penelitian ini adalah seluruh informan atau narasumber yang dipilih oleh peneliti sebagai sumber data primer dalam penelitian ini. Teknik yang digunakan untuk menentukan informan atau narasumber dalam penelitian ini adalah *purposive sampling*. Dalam penelitian ini, subjek penelitian yang dipilih merupakan individu atau pejabat

yang memiliki wewenang dan pengetahuan tentang ketahanan energi, transisi energi, energi panas bumi dari berbagai lintas keilmuan. Sedangkan jumlah subjek penelitian dalam penelitian ini ditentukan menggunakan teknik *snowball sampling* dan disesuaikan dengan kebutuhan informasi. Penggunaan teknik *snowball sampling* dengan memperhatikan pertimbangan tertentu yang kemungkinan dihadapi pada saat penelitian. Hal ini membuat jumlah informan yang telah ditentukan sebelumnya dapat berkembang jumlahnya sampai kebutuhan informasi yang diperlukan dari narasumber terpenuhi (Sugiyono, 2019).

### **Hasil dan Pembahasan**

Indonesia sebagai sebuah negara memiliki konstruksi hukum melalui adanya berbagai kebijakan yang mengatur setiap tingkah laku dan tata kelola individu atau kelompok. Pengaturan tingkah laku dan tata kelola ini menjadi pedoman interaksi kehidupan dalam bermasyarakat, berbangsa dan bernegara. Di Indonesia, konstruksi hukum dibentuk oleh Lembaga legislatif dan eksekutif yang bersifat memaksa terhadap warga negara. Konstruksi hukum memiliki bentuk hirarki yang

menjadikan rujukan dalam membentuk peraturan di bawahnya sehingga tidak terjadi pertentangan maupun tumpangtindih kebijakan. Hirarki dari konstruksi hukum Indonesia didasarkan pada Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2019 Tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011 Tentang Pembentukan Peraturan Perundang-Undangan. Jenis dan hirarki Peraturan Perundang-undangan berturut terdiri atas UUD RI 1945, TAP MPR, Undang-Undang/Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang, Peraturan Pemerintah, Peraturan Presiden, Perda Provinsi, dan Perda Kabupaten/Kota.

Landasan terbitnya Undang-undang No 21 Tahun 2014 Tentang Panas Bumi berkaitan dengan ketidaksimbangan penyediaan energi dan kebutuhan energi seiring dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi serta penambahan jumlah penduduk. Dari undang-undang tersebut terdapat 8 poin yang menjadi bahasan dalam Undang-Undang No 21 Tahun 2014 yaitu:

1. Kategori kegiatan energi panas bumi.
2. Kepastian penguasaan wilayah kerja panas bumi.
3. Pengaturan kewajiban bagi pemegang Izin Usaha Panas bumi (IPB) menawarkan *Participating*

*Interest*.

4. Penentuan harga energi panas bumi.
5. Kewajiban pemegang IPB dan pemegang izin pemanfaatan langsung.
6. Pengaturan kewenangan Menteri.
7. Status perlakuan terhadap wilayah kerja panas bumi Existing.
8. Proses renegotiasi pembelian uap atau tenaga listrik secara *Business to Business*.

Landasan terbitnya Undang-Undang No 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air berkaitan dengan air sebagai sumber daya alam yang ketersediannya dipengaruhi oleh kondisi alam sekaligus menjadi kebutuhan paling dasar dari kebutuhan manusia. Dalam undang-undang tersebut, ruang lingkup dari sumber daya air meliputi air, sumber air, dan daya air yang terkandung didalamnya. Konservasi Sumber Daya Air ditujukan untuk menjaga kelangsungan keberadaan, daya dukung, daya tampung, dan fungsi Sumber Daya Air.

Irisan kebijakan panas bumi dan sumber daya air dari sudut pandang pemanfaatan wilayah hutan dan sumber daya air didalamnya menjadi perhatian yang harus diselesaikan dalam pengembangan energi panas bumi serta keberlangsungan lingkungan.

Permasalahan pengembangan energi panas bumi tidak terlepas dari tumpang tindih kebijakan maupun implementasinya. Hal ini terlihat dari pengembangan energi panas bumi yang berjalan stagnan. Jika dilihat lebih luas pengembangan energi panas bumi memiliki dampak positif bagi ketahanan energi nasional serta pembangunan daerah sekitar pembangkit listrik tenaga panas bumi. Dari sisi ini terdapat tantangan berupa tingkat penerimaan masyarakat terhadap pembangkit listrik tenaga panas bumi serta adanya perubahan aktivitas masyarakat dan pembangkit listrik tenaga panas bumi yang sedikit banyak mempengaruhi pola, pemanfaatan dan perubahan lingkungan sekitar.

Dari sisi panas bumi, adanya penggunaan air dalam proses pengeboran menjadikan dilema dari status hukum penggunaan air di wilayah hutan konservasi. Hal ini berkaitan dengan pemanfaatan sumber daya hayati dengan kementerian lingkungan hidup dan kehutanan serta pemanfaatan air yang merupakan sumber daya nonhayati dengan kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat di bidang sumber daya air. Hal ini tergambar jelas pada prioritas penggunaan air meskipun

terdapat pasal lex spesialis didalam uu panas bumi.

Dalam pembentukan sekma *Analytical Network Process*, penentuan kriteria didasarkan pada aspek ketahanan energi yaitu Dimensi ketersediaan energi, keterjangkauan, akses bagi masyarakat, dan penerimaan dan keberlanjutan dari sudut pandang panas bumi (Boedoyo, 2012). Peneliti membangun struktur ANP bersifat holarki dengan goal berupa Ketersediaan Energi Panas Bumi dan Keberlangsungan Lingkungan. Holarki didefinisikan sebagai kerangka kerja yang mengacu pada sifat secara bersamaan dalam kesatuan yang lebih kecil dari keseluruhan sistem energi dengan pendekatan pusat energi yang digunakan dalam konteks hierarkis (Ascarya, 2005). Sifat ini kemudian otonom, tetapi dapat terhubung dengan kesatuan lain, sehingga membuatnya interdependen, dan pada saat yang sama menjadi bagian dari struktur yang lebih besar ketika diatur dalam pendekatan hierarkis (Marquant, 2017). Sedangkan solusi yang diharapkan adalah maksimalisasi kebijakan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi, minimalisasi kebijakan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi serta sinkronisasi kebijakan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. Peneliti

berfokus pada hubungan antara kriteria dengan alternatif, kriteria dengan subkriteria dan subkriteria dengan alternative. Hubungan kriteria dengan alternative menggambarkan aspek ketahanan energi utama dalam pengembangan panas bumi di Indonesia. Hubungan kriteria dengan subkriteria menggambarkan elemen teknis yang berpengaruh pada kriteria ketahanan energi dalam pengembangan panas bumi. Hubungan subkriteria dengan alternative besarnya pengaruh elemen teknis dalam pengambilan kebijakan.

Ketersediaan energi merupakan dimensi kritis untuk pengembangan energi. Ketersediaan energi mendukung terhadap pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan dan menjadi dasar dari produksi energi. Ketersediaan energi terkait dengan potensi dan lokasi panas bumi dimana penentuan wilayah kerja panas bumi merupakan hasil studi pendahuluan atau studi pendahuluan dan eksplorasi yang telah dilakukan sebelumnya. Dalam panas bumi pemanfaatan tidak langsung, lokasi dan konversi energi panas bumi menjadi energi listrik memiliki poin penting dalam langkah awal proyek pengembangan energi sehingga tingkat eksplorasi dan lokasi sumber menjadi subkriteria

pertama. Selain itu, lokasi wilayah kerja panas bumi yang berada didaerah pegunungan dan hutan menjadikan perhitungan penggunaan lahan harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan. Hal tersebut menjadikan penggunaan lahan menjadi subkriteria kedua.

Keterjangkauan merupakan dimensi utama sisi hilir untuk pengembangan energi. Keterjangkauan memiliki peran sebagai penentu serapan produk energi. Dalam hal ini titik ekuivalen dari keterjangkauan berada di antara biaya produksi energi dan kemampuan membeli energi (Iskin, 2012). Faktor tersebut menjadikan harga keekonomian energi sangat penting yang berujung pada harga energi sebagai subkriteria pertama. Selain itu, pembagian jenis konsumsi, household maupun industri, dapat menjadi bagian dari model bisnis energi dalam memperhitungkan konversi energi. Dengan sifat panas bumi yang terlokalisir maka intensitas industril menjadi subkriteria kedua.

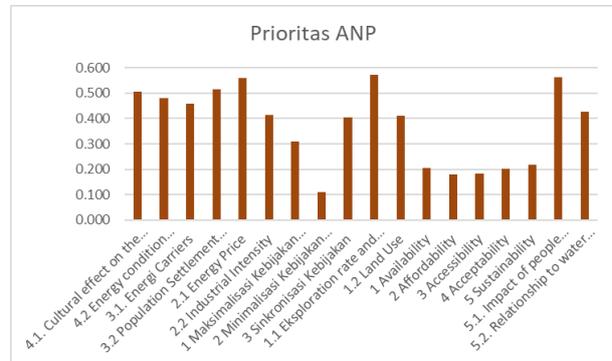
Akses merupakan dimensi penghubung sisi hulu dan hilir untuk pengembangan energi. Akses dalam energi panas bumi mayoritas bertumpu pada ketersediaan infrastruktur fisik yang menyambungkan lokasi produksi energi kepada konsumen. Dalam prosesnya,

terdapat 2 hal penting yang menjadi fokus yaitu pembawa energi dan penempatan populasi dan distribusinya. Dua hal tersebut menjadi subkriteria dari sisi akses.

Penerimaan merupakan dimensi hilir yang berhubungan konsumen secara individu maupun kelompok dalam mendorong pengembangan energi. Di skala individu, informasi dan kesadaran mengenai sistem energi dilingkungkannya adalah hal yang utama. Adanya informasi dan kesadaran individu berpengaruh dalam membangun budaya pemanfaatan energi secara kelompok yang berkesinambungan. Dengan demikian efek budaya pada system energi dan kondisi sistem energi yang membentuk budaya menjadi 2 subkriteria dari penerimaan.

Keberlangsungan merupakan keterkaitan seluruh dimensi dari suatu proses sistem energi dalam rentang waktu tertentu untuk pengembangan energi. Dalam keberlangsungan terdapat 2 faktor terbesar yaitu pengaruh energi terhadap lingkungan dan pengaruh energi terhadap kesehatan masyarakat sekitar. Pengaruh energi terhadap lingkungan yang berkaitan dengan penelitian ini adalah perngaruh terhadap air sehingga hubungan dengan sistem air menjadi subkriteria pertama. Sedangkan

dampak kesehatan pada sistem energi menjadi subkriteria kedua dari aspek keberlanjutan.



**Gambar 1.** Prioritas Analytical Network Process

Sumber: Diolah oleh peneliti (2022)

Dari hasil pengolahan data menggunakan software *Superdecision* dan *ms. Excel*, didapatkan prioritas berupa Sinkronisasi Kebijakan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. Jika dilihat dari sisi kriteria, kriteria Keberlanjutan memiliki bobot paling besar dalam menentukan kebijakan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi, sedangkan kriteria Keterjangkauan memiliki bobot paling kecil dalam menentukan kebijakan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. Dari sisi pengambil kebijakan, kriteria utama yang harus dipertimbangkan adalah Penerimaan dimana berdasarkan instansi terdapat. Hal ini kemungkinan diakibatkan perbedaan sudut pandang yang terjadi dalam melihat urgensi pengembangan Pembangkit Listrik

Tenaga Panas Bumi dan tanggungjawab yang diemban. Sedangkan dari sisi perusahaan panas bumi, kriteria utama yang harus dipertimbangkan adalah Keberlanjutan dan Ketersediaan energi dimana perbedaan hanya berada pada nilai bobot dari kriterianya.

Untuk mendalami lebih jauh, kita mendapatkan prioritas kriteria dari masing-masing kriteria. Dari sisi pengambil kebijakan, subkriteria ketersediaan energi utama yang harus dipertimbangkan adalah tingkat eksplorasi dan lokasi sumber. Subkriteria keterjangkauan utama yang harus dipertimbangkan adalah harga energi. Subkriteria akses utama yang harus dipertimbangkan adalah Penempatan Populasi dan distribusinya. Subkriteria penerimaan utama yang harus dipertimbangkan adalah efek budaya pada sistem energi. Subkriteria keberlanjutan utama yang harus dipertimbangkan adalah dampak kesehatan pada sistem energi. Sedangkan dari sisi perusahaan panas bumi, subkriteria ketersediaan energi utama yang harus dipertimbangkan adalah tingkat eksplorasi dan lokasi sumber. Subkriteria keterjangkauan utama yang harus dipertimbangkan adalah harga energi. Subkriteria akses

utama yang harus dipertimbangkan adalah pembawa energi. Subkriteria penerimaan utama yang harus dipertimbangkan adalah kondisi energy pembentuk budaya. Subkriteria keberlanjutan utama yang harus dipertimbangkan adalah dampak kesehatan pada sistem energi.

### **Kesimpulan Rekomendasi dan Pembatasan**

Dari penelitian yang telah dilakukan, adanya *gap* antara Undang-Undang Panas bumi dan Undang-Undang Sumber Daya air menjadikan ketidakpastian hukum pengembangan panas bumi khususnya dalam hal status penggunaan air dan proses pengadaan air selama proses eksplorasi dan eksploitasi panas bumi. Adapun formulasi kebijakan yang memungkinkan dengan mempertimbangkan urutan Keberlanjutan, Ketersediaan Energi, Penerimaan, Akses dan Keterjangkauan yang berfokus pada aspek Tingkat eksplorasi dan lokasi sumber, Harga Energi, Penempatan Populasi dan distribusinya, Pengaruh Budaya pada Sistem Energi, dan Dampak Kesehatan Masyarakat terhadap Sistem Energi.

Adapun beberapa hal yang dapat dilakukan Pengambil kebijakan adalah

mempertegas status penggunaan air dalam eksplorasi dan eksploitasi yang didasarkan pada urgensi pengembangan energi panas bumi serta melalui pengembangan skema pemanfaatan air. Hal ini dapat dimulai dengan melakukan *focus group discussion* di masing-masing instansi dengan skema *bottom up* yang kemudian dilanjutkan dengan antar instansi yang melibatkan akademisi untuk mendapatkan sudut pandang yang luas baik dari sisi kebijakan terkait maupun sisi teknis lainnya. Sedangkan perusahaan panas bumi dapat membangun skema teknis pemanfaatan air dalam proses eksplorasi dan eksploitasi secara kontinyu yang terkoordinasi dengan kementerian lembaga terkait. Skema teknis pemanfaatan air dapat meliputi kuantitas dan intensitas kebutuhan air dalam rentang waktu tertentu serta metode pemanfaatan serta pengolahan limbah yang dimungkinkan sebagai substitusi penggunaan air secara keseluruhan.

#### Daftar Pustaka

Ascarya. (2005). *Analytic Network Process (ANP): Pendekatan Baru Studi Kualitatif*. Pusat Pendidikan dan Studi Kebanksentralan BANK INDONESIA

Boedoyo, M. Sidik. (2012). *Analisis Ketahanan Energi di Indonesia*.

Prosiding Seminar dan Peluncuran Buku Outlook Energi Indonesia 2012

- Dincer, Ibrahim. (2018). *Comprehensive Energy Systems*. Amsterdam: Elsevier
- Iskin, Ibrahim. Daim, Tugrul. Kayakutlu, Gulgun. Altuntas, Mehmet. (2012). *Exploring renewable energy pricing with analytic network process-Comparing a developed and a developing economy*. *Energy Economics* 34 pp 882-891
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2020). *Handbook of energy&economic statistics of Indonesia*. Pusat Data dan Informasi ESDM.
- Maslow, A. H. (1987). *Motivation and personality (3rd ed)*. Delhi, India: Pearson Education.
- Marquant, Julien F., Evins, Ralph., Bollinger, L. Andrew., Carmeliet, Jan. (2017). *A holarchic approach for multi-scale distributed energy system optimisation*. *Applied Energy* pp 1-19
- Meckling, Jonas. (2018). *Governing renewables: Policy feedback in a global energy transition*. *Environment and Planning C: Politics and Space* pp 1-21
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Edisi ke-2. Bandung: Alfabeta
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1990 Tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati Dan Ekosistemnya
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2014 Tentang Panas Bumi

Undang-Undang Republik Indonesia  
Nomor 17 Tahun 2019 Tentang  
Sumber Daya Air

United Nation. (2015). “Transforming Our  
World: The 2030 Agenda For  
Sustainable Development”.  
Newyork:  
sustainabledevelopment.un

World Energy Council. (2020). “World  
Energy Trilemma Index”. London:  
the World Energy Council 2020