

Optimasi Pengelolaan Air Berkelanjutan di Perguruan Tinggi – Studi Kasus Institut Teknologi Bandung (Kampus Ganesha)

Yulianty Kusuma Dewi

Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Koresponden email: 25324017@mahasiswa.itb.ac.id

Diterima: 10 September 2025

Disetujui: 19 September 2025

Abstract

Sustainable water management is crucial to tackle global challenges related to the depletion of Natural Resources and climate change. Universities becomes a driving factor in the development of knowledge. Assessment and evaluation of sustainable water management at the university is necessary to formulate recommendations for optimizing sustainable water management. The purpose of this study was to assess the score of implementation of sustainable water at the Institut Teknologi Bandung (ITB) using the UI (University of Indonesia) GreenMetric questionnaire, identify driving and inhibiting factors in implementing the concept of sustainable water management, and provide recommendations for the implementation of sustainable water management to run optimally. Data was collected by interviews, observations, field measurements, and questionnaires, with analysis conducted using the UI GreenMetric assessment methods and the Analytical Hierarchy Process (AHP). The findings revealed that ITB scored 550 out of 1,000 in sustainable water management practices. The role and authority of stakeholders influence the driving factor, for the inhibiting factors are limited funds, land, and conventional technology. Recommendations for implementing sustainable water within the university scope include financial analysis NPV and BCR, stakeholder training, feasibility studies, policy advocacy, water safety plan implementation, and rainwater harvesting technology application.

Keywords: *ui greenmetric, institut teknologi bandung, sustainable campus, water management*

Abstrak

Pengelolaan air berkelanjutan menjadi hal yang krusial dalam menjawab tantangan global terkait deplesi sumber daya alam dan perubahan iklim. Universitas menjadi faktor pendorong dalam pengembangan pengetahuan dan contoh bagi lingkungan lainnya. Penilaian dan evaluasi terhadap pengelolaan air berkelanjutan di universitas dilakukan untuk merumuskan rekomendasi dalam optimalisasi pengelolaan air berkelanjutan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai tingkat penerapan air yang berkelanjutan di Institut Teknologi Bandung (ITB) menggunakan kuesioner UI (Universitas Indonesia) GreenMetric, mengidentifikasi faktor pendorong dan penghambat dalam menerapkan konsep pengelolaan air berkelanjutan, serta memberikan rekomendasi agar penerapan pengelolaan air berkelanjutan dapat berjalan optimal. Pengambilan data dilakukan melalui wawancara, observasi, pengukuran lapangan, hingga kuesioner, sedangkan pengolahan data menggunakan metode penilaian dari UI GreenMetric dan metode *Analytical Hierarchial Process* (AHP) untuk memberikan rekomendasi dalam optimalisasi penerapan pengelolaan air berkelanjutan. Didapatkan skor dalam penerapan pengelolaan air berkelanjutan di kampus ITB sebesar 550 dari 1.000. Adapun faktor pendorong dipengaruhi oleh peran dan wewenang pemangku kepentingan. Sedangkan faktor penghambat adalah keterbatasan dana, lahan, hingga teknologi yang masih konvensional. Rekomendasi dalam penerapan air berkelanjutan di lingkup universitas berupa analisis keuangan dengan NPV dan BCR, pelatihan bagi pemangku kepentingan, studi kelayakan, advokasi kebijakan, implementasi Water Safety Plan, dan penerapan teknologi Rain Water Harvesting.

Kata Kunci: *ui greenmetric, institut teknologi bandung, kampus berkelanjutan, pengelolaan air*

1. Pendahuluan

Jika perang di abad ini terjadi karena memperebutkan minyak, maka perang di abad berikutnya bisa jadi dipicu oleh kelangkaan air, kecuali jika kita mengubah pendekatan dalam mengelola sumber daya yang sangat berharga dan vital ini [1]. Air merupakan kebutuhan dasar bagi keberlanjutan makhluk hidup di bumi. Seiring tahun, permintaan akan kebutuhan sumber daya air yang memadai, aman, dan mudah diperoleh terus meningkat akibat adanya pertumbuhan populasi dan urbanisasi. Namun, Industrialisasi yang pesat, perubahan iklim, serta populasi manusia yang besar telah menyebabkan krisis serius dalam ketersediaan air dan pengelolaan air limbah [2]. Melalui agenda Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) ke-70

pada 25 September 2015 di New York, para pemimpin dunia berkomitmen untuk mencapai 17 Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB) di tahun 2030. Salah satu tujuannya pada nomor 6 (enam) yang menekankan akan pentingnya pengelolaan air yang berkelanjutan. Penyediaan air perkotaan penuh tantangan, dengan 523 juta orang di perkotaan menghadapi masalah ketersediaan air, 890 juta orang di perkotaan menghadapi masalah kualitas air, dan 1,3 miliar orang di perkotaan menghadapi masalah penyediaan air [3]. Sayangnya, sebagian besar kota belum mengelola sumber daya air mereka dengan bijak dan masih jauh dari mencapai TPB [4].

Perguruan tinggi memiliki peranan besar sebagai agen perubahan dalam pencapaian Target 6 Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. Posisi perguruan tinggi tidak hanya sebagai pengguna air, akan tetapi juga sebagai laboratorium kehidupan dalam pengujian dan penerapan inovasi keberlanjutan. Dorongan internasional terhadap perguruan tinggi dalam penerapan praktik keberlanjutan semakin signifikan. Hal ini terlihat dari adanya penilaian dan pemeringkatan terhadap upaya perguruan tinggi dalam penerapan konsep keberlanjutan yang dilakukan oleh lembaga UI GreenMetric, QS World University Rankings, Times Higher Education Impact Rankings, dan lain sebagainya. Penelitian ini akan berfokus pada UI GreenMetric yang dirancang pada tahun 2011 oleh Universitas Indonesia. Hingga tahun 2025, sudah terdapat 1.477 universitas di 95 negara telah berkontribusi dalam penilaian UI GreenMetric. Penilaian yang dilakukan lembaga tersebut selaras dengan TPB. Namun, metodologi penilaian yang digunakan UI GreenMetric masih memiliki keterbatasan. Masalahnya tidak semata-mata bergantung pada kurangnya informasi, pada kenyataan bahwa beberapa parameter sulit diukur [5]. Beberapa indikator yang diusulkan oleh sistem pemeringkatan ini, seperti jumlah sumber energi terbarukan di kampus dan jumlah berbagai jenis program pembangunan berkelanjutan, ternyata tidak mampu mengukur pembangunan berkelanjutan secara efektif dan adil [6].

Selain itu, beberapa studi menilai bahwa indikator UI GreenMetric terlalu umum dan tidak spesifik terhadap kebutuhan atau karakteristik universitas di negara tertentu. Misalnya, penelitian di Thailand mengembangkan indikator baru yang lebih sederhana dan relevan dengan konteks nasional, karena indikator GreenMetric dinilai terlalu banyak (51 indikator) dan kurang mencerminkan kebutuhan lokal [7]. Berbagai penelitian telah mengungkapkan keterbatasan-keterbatasan dan memberikan rekomendasi terhadap penilaian UI GreenMetric. Oleh karena itu, metode UI GreenMetric dinilai belum dapat menangkap kompleksitas dan kedalaman kontekstual yang memengaruhi implementasi strategi keberlanjutan di tingkat universitas. Indikator penilaian yang ada belum mampu menangkap faktor-faktor seperti dinamika sosial, ekonomi, politik, dan teknologi menjadi salah satu pengaruh dalam penerapan kebijakan keberlanjutan di universitas, dan memberikan rekomendasi yang mengerucut terhadap faktor-faktor penghambat tersebut. Untuk menjawab keterbatasan tersebut, penelitian ini mengintegrasikan pendekatan analisis PESTEL (*Political, Economic, Sosial, Technological, Environmental, Legal*) untuk mengidentifikasi faktor pendorong dan penghambat dalam implementasi pengelolaan air yang berkelanjutan.

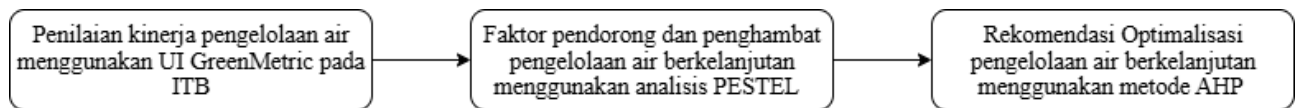
Analisis ini dapat menjawab tantangan dan peluang yang tidak tercakup dalam penilaian UI GreenMetric. Selanjutnya, penelitian ini mencoba merancang strategi rekomendasi berbasis prioritas dan objektivitas menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Metode ini memberikan rekomendasi berdasarkan bobot terhadap faktor-faktor penghambat sebelumnya. Maka dari itu, hasil akhir dari penelitian ini berupa rekomendasi penerapan pengelolaan air berkelanjutan yang lebih terarah, aplikatif, dan sesuai dengan kondisi perguruan tinggi di Indonesia.

Penelitian ini menggunakan studi kasus sebuah perguruan tinggi di Kota Bandung, yaitu Institut Teknologi Bandung (ITB). ITB menerapkan sistem multikampus untuk meningkatkan peran ITB sebagai penyedia riset yang unggul di masa depan, serta mengembangkan sumber daya manusia yang berkualitas. Oleh karena itu, ITB memiliki empat kampus di berbagai kota yang berbeda, seperti ITB kampus Ganesha, ITB kampus Jatinangor, ITB kampus Cirebon, dan ITB kampus Jakarta. Penelitian ini hanya meliputi ITB kampus Ganesha yang merupakan kampus utama ITB dengan pengalaman operasional yang lebih mapan dibandingkan ketiga kampus lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor pendorong dan penghambat dalam menerapkan konsep pengelolaan air yang berkelanjutan di ITB Kampus Ganesha dan memberikan rekomendasi untuk optimalisasi penerapan pengelolaan air yang berkelanjutan yang dapat direplikasi ke kampus-kampus lainnya.

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada Institut Teknologi Bandung (ITB) yang berlokasi di Jalan Ganesha No. 10, Kota Bandung. Fokus utama dalam penelitian ini adalah pengelolaan air yang berkelanjutan, karena air menjadi fondasi utama bagi tercapainya Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB) lainnya. Metode

penelitian yang digunakan adalah metode campuran (*mixed methods*), dengan metode kuantitatif berupa total skor penerapan air berkelanjutan di ITB, sedangkan metode kualitatif berupa faktor pendukung dan penghambat, serta optimalisasi rekomendasi penerapan pengelolaan air yang berkelanjutan. Proses penelitian ini memiliki sifat induktif, dimulai peneliti melakukan observasi, wawancara, dan kuesioner, kemudian dilakukan analisis untuk melihat faktor pendorong dan penghambat, serta rekomendasi untuk optimalisasi. Secara umum, penelitian ini bermula dari melihat seberapa besar kampus menerapkan pengelolaan air berkelanjutan, dilanjut dengan mengidentifikasi faktor pendorong dan penghambat penerapan pengelolaan air yang berkelanjutan, terakhir diberikan rekomendasi untuk optimalisasi penerapan air yang berkelanjutan di tingkat universitas dari beberapa konsultan pengelolaan air bersih dan *sustainability*. Adapun alur dari penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut ini.



Gambar 1. Alur penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Untuk data primer berasal dari wawancara, observasi, kuesioner, dan pengukuran lapangan. Sedangkan data sekunder berasal dari kuesioner kategori Air dari lembaga UI GreenMetric. Pada tahap pertama, dilakukan wawancara, pengukuran lapangan, dan kuesioner UI GreenMetric untuk mengetahui skor atau nilai dari penerapan pengelolaan air yang berkelanjutan di kampus ITB Ganesha. Adapun pengambilan data pada tahap pertama, mengacu kepada lima indikator penilaian pengelolaan air pada lembaga UI GreenMetric. Pada tahap kedua, dilakukan wawancara kepada tiga narasumber yang memahami terkait pengelolaan air yang berkelanjutan di ITB Ganesha.

Untuk memastikan keakuratan data, pemilihan narasumber berdasarkan sumber atau jabatan yang berbeda, namun memiliki pekerjaan yang relevan dengan topik penelitian. Selain itu, wawancara akan direkam agar dapat memeriksa kembali informasi yang diberikan oleh narasumber dan dapat memastikan bahwa informasi yang diberikan tidak ada yang terlewat. Pada tahap terakhir, dilakukan kuesioner yang disebar kepada 15 konsultan pengelolaan air dan bidang *sustainability* untuk menghasilkan rekomendasi dari para ahli (*expert*) di bidangnya. Pada tahap pertama dan kedua, pengambilan data dilakukan pada lingkungan kampus ITB Ganesha, sedangkan pada tahap ketiga dilakukan dengan konsultan yang ahli dalam pengelolaan air bersih dan bidang *sustainability*. Tahap pertama dan kedua bertujuan untuk melihat kondisi aktual yang benar-benar terjadi di lapangan, sedangkan tahap ketiga bertujuan untuk melihat solusi atau rekomendasi dari sudut pandang konsultan sebagai ahli (*expert*) di bidangnya.

2.2 Pengolahan dan Analisis Data

Pada tahap pertama, pengambilan data berdasarkan kuesioner UI GreenMetric 2019. Secara umum, kategori penilaian *Sustainability Ranking* untuk tingkat universitas terdiri dari enam kategori, yaitu penataan dan infrastruktur, energi dan perubahan iklim, limbah, air, transportasi, serta pendidikan dan penelitian. Namun, penelitian ini berfokus pada kategori air saja. Pada kuesioner kategori air, terdiri dari lima indikator penilaian (WR 1 – WR 5). Indikator tersebut yang menjadi kuesioner pada penelitian ini. Pada **Tabel 1** berisikan indikator penilaian kategori air yang digunakan berdasarkan kuesioner UI GreenMetric [8].

Tabel 1. Indikator penilaian kategori air oleh lembaga UI GreenMetric [8]

No.	Kategori dan Indikator	Poin	Persentase Poin (%)
1. Air (WR)			
WR 1	Implementasi program konservasi air di kampus	200	10
WR 2	Implementasi program pemanfaatan air daur ulang di kampus	200	
WR 3	Penggunaan peralatan hemat air	200	
WR 4	Konsumsi air olahan	200	
WR 5	Pengendalian polusi air di area kampus	200	
Total		1000	

Pada setiap indikator, terdapat lima pengukuran kinerja. Pemilihan pengukuran kinerja didasarkan oleh jumlah atau tanggapan yang telah diimplementasikan oleh universitas. Skor didapat dengan mengalikan bobot pengukuran kinerja terpilih dikalikan dengan skor indikator maksimum. Adapun bobot pengukuran kinerja dari lima pernyataan kuesioner UI GreenMetric dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut ini.

Tabel 2. Bobot pengukuran kinerja dari lima pernyataan kuesioner UI GreenMetric

Kategori	Indikator	Bobot	Skor maksimum	Total skor yang diperoleh
Air	Pengukuran kinerja 1	0	200	0
	Pengukuran kinerja 2	0,25	200	50
	Pengukuran kinerja 3	0,50	200	100
	Pengukuran kinerja 4	0,75	200	150
	Pengukuran kinerja 5	1,00	200	200

Kemudian, setiap nilai dari indikator tersebut dijumlahkan dan dikalikan dengan bobot kategori air sebesar 10%. Dari metode ini, akan didapatkan skor penilaian kinerja pengelolaan air. Metodologi ini diperoleh dari UI GreenMetric Guideline 2024.

Pengolahan data kedua dilakukan secara kualitatif yang didapat dari wawancara bersama narasumber yang memahami terkait pengelolaan air yang berkelanjutan di ITB Ganesha. Data ini diolah dengan membuat catatan dari rekaman. Untuk memastikan tingkat akurasi data, rekaman wawancara didengarkan beberapa kali. Pada pendengaran rekaman pertama difokuskan untuk menangkap poin-poin kunci dan dasar, pendengaran rekaman kedua dan seterusnya untuk mengidentifikasi lebih dalam dan menemukan faktor-faktor yang saling berkaitan. Setiap informasi dan pernyataan yang relevan dan penting, akan dicatat dan dipisahkan berdasarkan faktor pendorong dan penghambat.

Kegiatan ini bertujuan untuk merangkum pernyataan penting yang relevan dengan topik penelitian. Setelah ditentukan faktor penghambat dan pendorong, dilakukan pengelompokan atau kategorisasi sesuai dengan kategori atau topik tersebut. Pengelompokan kategori ini bertujuan untuk mengorganisir dan menyederhanakan data agar lebih mudah dipahami, dianalisis, dan dibandingkan. Hasil dari wawancara berupa faktor-faktor yang mendukung dan menghambat dari penerapan pengelolaan air yang berkelanjutan di ITB Ganesha.

Pengolahan data ketiga dilakukan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menghasilkan rekomendasi. Tujuan dari AHP adalah untuk mencari rekomendasi terbaik yang dapat diterapkan oleh perguruan tinggi dalam penerapan pengelolaan air berkelanjutan dari sudut pandang para konsultan. Tahapan yang digunakan pada metode AHP di penelitian ini adalah sebagai berikut:

Langkah 1: Menentukan kriteria, sub-kriteria, dan alternatif dari hasil wawancara bersama tiga narasumber, berupa rekomendasi dalam penerapan pengelolaan air berkelanjutan.

Langkah 2: Menentukan pembuatan matriks berpasangan yang sesuai dengan masalah dalam penelitian ini. Contoh matriks dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut ini.

Tabel 3. Pembuatan matriks berpasangan

	Kriteria A1	Kriteria B2	Kriteria C3
Kriteria A1	1	X_{A1B2}	X_{A1C3}
Kriteria B2	$1/X_{A1B2}$	1	X_{B2C3}
Kriteria C3	$1/X_{A1C3}$	$1/X_{B2C3}$	1

Langkah 3: Menilai kepentingan relatif dari masing-masing kriteria, sub-kriteria, hingga alternatif yang dilakukan oleh konsultan sebagai ahli pengelolaan air dan bidang *sustainability*.

Penilaian dilakukan oleh ahli bidang pengelolaan air dan *sustainability* dengan memberikan nilai numerik 1 – 9 atau kebalikannya seperti pada **Tabel 4** berikut ini [9].

Tabel 4. Skala perbandingan Nilai [9]

Tingkat Kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Sama penting	Kedua elemen memiliki pengaruh yang sama
3	Sedikit lebih penting	Pengalaman dan penilaian sedikit lebih memihak ke satu elemen dibandingkan dengan pasangannya

Tingkat Kepentingan	Definisi	Keterangan
5	Lebih penting	Pengalaman dan penilaian sangat memihak ke satu elemen dibandingkan dengan pasangannya
7	Sangat penting	Satu elemen sangat disukai dan secara praktis dominasinya sangat nyata dibandingkan dengan elemen pasangannya
9	Mutlak lebih penting	Satu elemen terbukti mutlak lebih disukai dibandingkan dengan pasangannya pada tingkat keyakinan tertinggi
2, 4, 6, 8	Nilai tengah	Diberikan bila terdapat keraguan penilaian antara dua penilaian yang berdekatan
Kebalikan	$a_{ij} = 1/a_{ji}$	Jika elemen A memiliki salah satu bilai diatas pada saat dibandingkan dengan elemen B, maka elemen B memiliki nilai kebalikan bila dibandingkan dengan elemen A

Langkah 4: Menghitung prioritas pada setiap kriteria, sub-kriteria, dan alternatif. Nilai prioritas didapat

$$a_{ij} = (Z_1 \times Z_2 \times Z_3 \times \dots \times Z_n)^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

Keterangan:

a_{ij} : Nilai rata-rata perbandingan antara kriteria i dengan kriteria j untuk n partisipan

Z_1 : Nilai perbandingan antara kriteria i dengan kriteria j untuk partisipan ke- k

n : jumlah responden

Langkah 5: Menghitung konsistensi, *Consistency Index* (CI), dan rasio konsistensi (CR).

- Persamaan *Consistency Index* (CI)

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n} \quad (2)$$

Keterangan:

CI : *Consistency Index*

λ_{maks} : Eigen maksimum, nilai eigen dari matrik berordo n , yang didapat dengan menjumlahkan hasil perkalian kolom dengan eigen vektor utama

n : Orde matriks atau jumlah kriteria

- Persamaan Rasio Konsistensi

$$CR = \frac{CI}{IR} \quad (3)$$

Keterangan:

CR : *Consistency Ratio*

CI : *Consistency Index*

IR : *Index Random Consistency* didapat pada **Tabel 5** di bawah ini.

Tabel 5. Nilai <i>Index Random Consistency</i> (IR)	
Ukuran Matriks	Nilai IR
1, 2	0,00
3	0,58
4	1,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,48
13	1,56
14	1,57
15	1,59

Langkah 6: Menguji nilai konsistensi pada seluruh hierarki dengan ketentuan nilai $CR < 10\%$.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Penilaian Kinerja Pengelolaan Air menggunakan UI GreenMetric pada ITB

Aspek yang dinilai pada penilaian kampus keberlanjutan secara umum adalah aspek lingkungan, sosial, dan tata Kelola (LST) atau dikenal dengan *Environment, Social, and Governance* (ESG). Namun pada penelitian ini, hanya berfokus pada kategori pengelolaan air saja. Kategori ini termasuk ke dalam penilaian aspek lingkungan yang digunakan oleh lembaga UI GreenMetric. Pemilihan kategori ini didasarkan pada pentingnya kebutuhan sumber daya air dalam mendukung keberlangsungan hidup manusia, hewan, tumbuhan, dan makhluk hidup lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan air di masa kini hingga masa mendatang, diperlukan sistem pengelolaan air yang keberlanjutan. Berikut adalah hasil penilaian kinerja pengelolaan air menggunakan kuesioner dari lembaga UI GreenMetric pada perguruan tinggi yang tercantum pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Penilaian kinerja pengelolaan air menggunakan lembaga UI GreenMetric pada ITB

No.	Kategori	Indikator	Nilai	Bobot	Total
Air (WR)				10%	
WR 1	Air (WR)	Implementasi program konservasi air di kampus	150		15
WR 2	Air (WR)	Implementasi program pemanfaatan air daur ulang di kampus	100		10
WR 3	Air (WR)	Penggunaan peralatan hemat air	100		10
WR 4	Air (WR)	Konsumsi air olahan	50		5
WR 5	Air (WR)	Pengendalian populasi air di kampus	150		15
Nilai Total			550		55

Pada indikator program konservasi air di kampus, ITB Ganesha memperoleh nilai 150 dari 200. Nilai ini menunjukkan bahwa program konservasi air di ITB Ganesha sudah mencapai 25 - 50%. Bukti penerapan konservasi air di ITB Ganesha dapat dilihat dari beberapa aspek yang menunjukkan bahwa program konservasi sudah diterapkan. Pertama, ITB telah memasang meteran PDAM Tirtawening untuk mencatat volume air bersih yang masuk ke kampus setiap bulan. Kedua, ITB telah memiliki infrastruktur pendukung berupa *groundwater tank* (GWT) di tiga titik dengan kapasitas masing-masing 40 m³, 250 m³, dan 1.500 m³. Keberadaan GWT ini berfungsi untuk menampung, menyimpan, dan mendistribusikan air bersih secara lebih efisien, sehingga dapat mengurangi potensi kehilangan air (*water loss*). Selain itu, ITB juga telah membangun lubang sumur resapan di beberapa area kampus untuk meningkatkan infiltrasi air hujan ke dalam tanah dan mengurangi limpasan permukaan. Total volume sumur resapan secara keseluruhan adalah 302,28 m³ atau sekitar 302.280 liter. Hasil perhitungan estimasi volume resapan yang diperoleh dari gabungan kapasitas sumur resapan di lingkungan ITB Ganesha dan data curah hujan tahunan di Kota Bandung, menunjukkan bahwa kontribusi lubang resapan terhadap konservasi air mencapai sekitar 26,41% dari total kebutuhan air bersih kampus.

Indikator kedua, pemanfaatan air daur ulang pada ITB Ganesha telah memiliki program daur ulang air di Gedung Labtek XV, yaitu memanfaatkan air hujan untuk diolah kembali sebagai air *flush* toilet dan menyiram tanaman. Meskipun belum tersedia meteran khusus untuk mengukur kuantitas air daur ulang, bukti adanya infrastruktur dan pemanfaatan terbatas pada satu gedung menunjukkan bahwa implementasi program masih sangat minim, yakni dalam rentang 1 – 25% sesuai kriteria UI GreenMetric.

Pada indikator ketiga, didapatkan nilai untuk kampus ITB Ganesha dalam menggunakan peralatan hemat air sebesar 100 dari 200. Nilai tersebut mengartikan bahwa ITB Ganesha telah menggunakan peralatan hemat air sebesar 1 – 25%. Pada beberapa Gedung di kampus ITB telah menggunakan peralatan hemat energi seperti keran pencuci tangan otomatis untuk mengurangi penggunaan air. Namun, jumlah penggunaan peralatan hemat energi belum tercatat dengan baik di ITB. Inventarisasi data di ITB masih dalam proses pengembangan, akan tetapi terkait penerapan penggunaan peralatan hemat energi sudah diterapkan pada beberapa Gedung di ITB Ganesha, seperti pada Labtek V (STEI), Gedung SBM Freeport, toilet DitSP CRCS Lt. 5, Toilet VIP Aula Barat & Aula Timur.

Pada indikator keempat, ITB Ganesha memiliki 18 unit *water treatment* dengan kapasitas 50 liter/hari sekitar 259,2 m³/tahun, atau 0,12% dari total konsumsi air PDAM di ITB Ganesha dari 203.754 m³/tahun. Nilai ini jauh di bawah 1%, namun masih dapat digunakan sebagai bukti awal bahwa ITB telah memiliki program pengolahan air meski skalanya sangat terbatas. Dengan demikian, sesuai indikator konsumsi air yang diolah pada UI GreenMetric, capaian ini masih berada dalam kategori 1 – 25% air olahan dikonsumsi.

Pada kategori pengendalian pencemaran air, ITB mendapatkan skor yang nyaris sempurna, yaitu sebesar 150 dari 200 yang menunjukkan bahwa kebijakan dan program pengelolaan air limbah sudah

diimplementasikan penuh dan dipantau secara berkala. Kualitas air limbah selalu dilakukan pengecekan selama dua tahun sekali. Kategori sumber air limbah di ITB Ganesha berasal dari kantin, toilet, dan kamar mandi. Sedangkan untuk aktivitasnya berasal dari wastafel, kamar mandi, pembersihan toilet ataupun kamar mandi, pencucian, dan lain sebagainya yang langsung di alirkan ke saluran drainase air limbah ITB. Air limbah tersebut langsung dialirkan ke saluran air kotor PDAM yang memiliki titik kumpul pada parkir sipil ITB, dengan kedalaman sebesar 2 meter, sehingga membuat air limbah tersebut tidak tercium bau yang tidak mengenakkan. Dari titik kumpul seluruh saluran air kotor PDAM ITB akan dialirkan ke PDAM Tirta Wening untuk diolah oleh pihak PDAM, sehingga pengolahan air limbah menggunakan jasa pihak ketiga. Saluran air kotor tersebut merupakan kerja sama antara ITB dengan PDAM.

Berdasarkan **Tabel 6**, didapatkan nilai total penilaian kinerja pengelolaan air di ITB sebesar 550 dari 1000. Jika dikalikan dengan bobot sebesar 10%, maka ITB menerima nilai sebesar 55 dari 100. Nilai ini masih jauh dari nilai maksimalnya, khususnya pada indikator konsumsi air olahan. Pada kenyataannya, ITB sudah menerapkan program terkait konsumsi air olahan. Namun, penerapan program tersebut masih minim dilakukan dan tidak seluruh fakultas menerapkan program tersebut. Upaya konservasi air dan program daur ulang sudah dilakukan, tetapi pemanfaatan air olahan masih menjadi titik lemah utama pada kampus ITB Ganesha. Program konservasi dapat ditingkatkan melalui penambahan penampungan air hujan, sedangkan pengendalian pencemaran dapat dilakukan dengan melakukan pemantauan kualitas limbah secara rutin.

3.2 Faktor Pendorong dan Penghambat Pengelolaan Air yang Berkelanjutan pada Perguruan Tinggi

Faktor pendorong dan penghambat sangat penting dalam merancang strategi yang efektif untuk mencapai tujuan tertentu. Agar analisis faktor pendorong dan penghambat komprehensif, maka digunakan metode PESTEL yang merupakan akronim dari Politik, Ekonomi, Sosial, Teknologi, Lingkungan, dan Hukum. Adapun temuan terkait faktor pendorong dan penghambat dapat dilihat pada **Tabel 7** sebagai berikut.

Tabel 7. Faktor pendorong dan penghambat pengelolaan air yang berkelanjutan di ITB

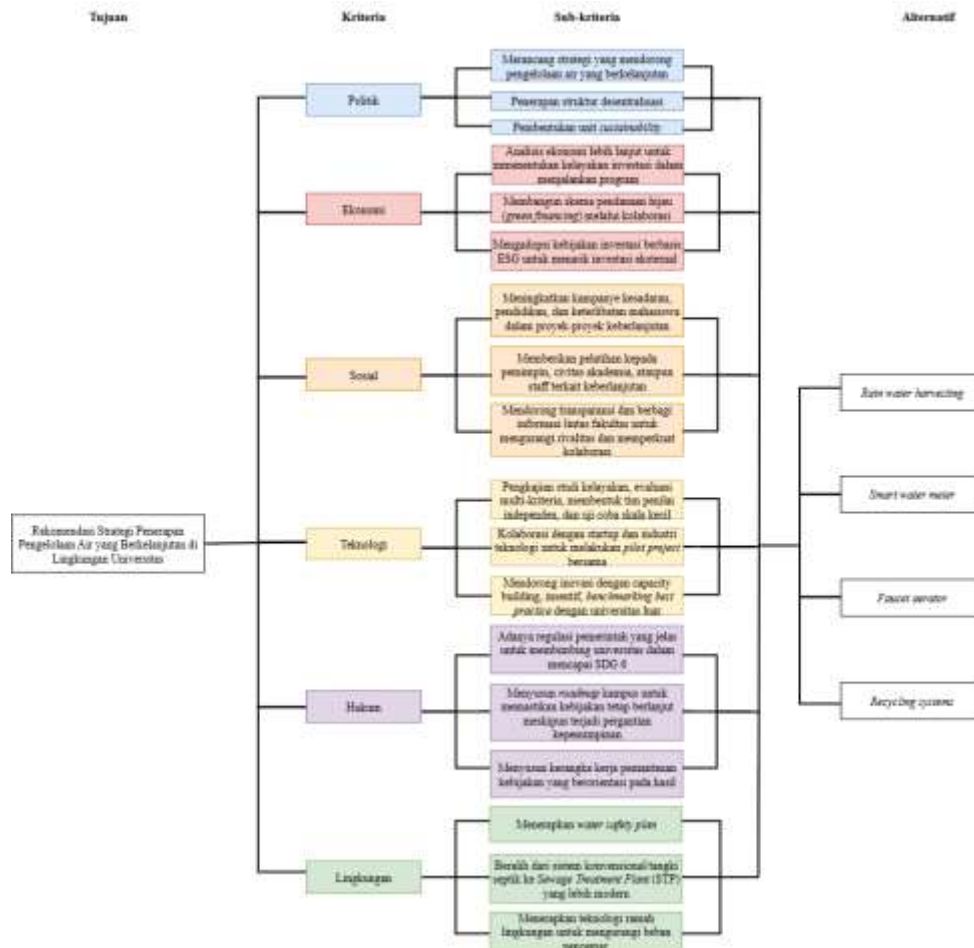
Dimensi	Faktor	Indikator	Rekomendasi untuk Universitas
Politik	Penghambat	Tidak ada strategi yang mendorong pengelolaan air yang berkelanjutan	Diperlukan pemimpin yang adaptif dan inovatif, serta program pengembangan kepemimpinan yang dirancang dengan baik
	Pendorong	Peran dan wewenang pemangku kepentingan	Peran dan wewenang pemangku kepentingan menunjukkan kepedulian terhadap civitas akademika
	Penghambat	Kerja sama lintas unit	Struktur desentralisasi dapat mengarah pada distribusi tugas yang lebih seimbang dan adaptif
	Penghambat	Skema kelembagaan	Perlunya unit khusus yang bertindak dalam mewujudkan universitas berkelanjutan
	Penghambat	Faktor politik	Kekuasaan lembaga politik memengaruhi pengambilan keputusan universitas
Ekonomi	Pendorong	Keuntungan ekonomi dari pengelolaan air yang berkelanjutan	Penerapan sistem daur ulang air limbah mampu menurunkan penggunaan air PDAM hingga 78% dan mengurangi tagihan air sebesar 63% [10]
	Penghambat	Komponen biaya yang perlu diperhatikan	Analisis ekonomi, termasuk perhitungan NPV dan BCR dapat membantu kelayakan investasi proyek
	Penghambat	Sumber pendanaan	Universitas dapat mengadopsi ESG yang dapat menarik investasi dari individu serta organisasi yang memiliki kesadaran sosial tinggi
	Pendorong	Peluang pendanaan	Dukungan finansial dari pemerintah tidak hanya menutupi biaya operasi universitas, tetapi juga menyediakan dana tambahan untuk program beasiswa, yang membuat pendidikan lebih murah
Sosial	Pendorong	Sikap dan persepsi civitas akademika	Dapat dilakukan dengan kampanye edukasi, sosialisasi, hingga penelitian untuk memperkuat komitmennya terhadap keberlanjutan
	Pendorong	Manfaat sosial dari penerapan pengelolaan air yang berkelanjutan	Universitas dapat menerapkan teknologi/sistem yang dapat mengurangi penggunaan air bersih
	Penghambat	Kesadaran pengelolaan air yang berkelanjutan	Memberikan pelatihan pada pemimpin (<i>leadership program</i>) terkait <i>sustainability</i>

Dimensi	Faktor	Indikator	Rekomendasi untuk Universitas
Teknologi	Penghambat	Konflik atau tantangan terkait pengelolaan air yang berkelanjutan	Edukasi tentang praktik pengelolaan yang berkelanjutan dapat mendorong tindakan nyata dalam masyarakat, dengan penekanan pada pentingnya riset yang berkontribusi pada solusi lingkungan dan kebijakan yang lebih baik
	Pendorong	Pemanfaatan aspek sosial	Program sosialisasi yang melibatkan mahasiswa dapat membantu membangun pemahaman yang mendalam tentang isu yang terkait dengan keberlanjutan sumber daya air
	Penghambat	Kelompok-kelompok yang berbeda di dalam ITB memandang pengelolaan air yang berkelanjutan	Mendorong transparansi dan berbagi informasi lintas fakultas untuk mengurangi rivalitas dan memperkuat kolaborasi
	Pendorong	Penerapan ilmu ke masyarakat	Implementasi proyek bertujuan mengatasi masalah nyata, dapat bermanfaat untuk menyebarluaskan pengetahuan dan praktik berkelanjutan [11]
	Pendorong	Ketersediaan teknologi di Indonesia	Penggunaan teknologi yang diproduksi dan dirakit dalam negeri, dapat menurunkan biaya logistik dan produksi, mempercepat waktu pengiriman dan produksi, mengurangi risiko gangguan rantai pasok, meningkatkan keterampilan tenaga kerja lokal, serta mudah adaptasi terhadap teknologi di dalam negeri
	Penghambat	Pemilihan teknologi yang digunakan sebelumnya	Diperlukan pengkajian terkait studi kelayakan, evaluasi multi-kriteria, membentuk tim penilai independen, dan uji coba skala kecil
Lingkungan	Penghambat	Keterbatasan teknis dalam penerapan pengelolaan air yang berkelanjutan	Diperlukan pengkajian yang sesuai dengan kondisi di universitas, dengan mengoptimalkan teknologi modular, melibatkan kolaborasi eksternal dan pendanaan, serta mengintegrasikan pemeliharaan ke dalam program akademik
	Penghambat	Teknologi yang diterapkan dalam pengelolaan air limbah	Dilakukan perbaikan teknologi yang dapat mengurangi kontaminasi dan pencemaran tanah
	Penghambat	Risiko pengelolaan air berkelanjutan yang sudah diterapkan	Standar kualitas air yang digunakan harus sesuai dengan tujuan penggunaannya dengan parameter lebih ketat, serta menerapkan <i>water safety plan</i> .
	Pendorong	Keuntungan dari penerapan pengelolaan air berkelanjutan terhadap lingkungan	Universitas lebih peduli dan mendukung keberlanjutan sumber daya alam dengan pengelolaan air yang berkelanjutan
Hukum	Penghambat	Peraturan yang mengatur pengelolaan air yang berkelanjutan	Diperlukannya kesadaran pemerintah akan pentingnya pengelolaan air yang berkelanjutan dan merancang regulasi yang dapat mendorong pengelolaan air yang berkelanjutan
	Penghambat	Penyusunan kebijakan	Memahami & menangani konflik, penolakan, dan kerja sama pemangku kepentingan merupakan kunci mengelola penyusunan kebijakan
	Penghambat	Penerapan kebijakan	Menyusun roadmap kampus untuk memastikan kebijakan tetap berlanjut meskipun terjadi pergantian kepemimpinan
	Penghambat	Pengawasan kebijakan	Kerangka kerja bertindak sebagai model pengelolaan/pengawasan kebijakan[12]
	Penghambat	Peraturan dari pemerintah	Diperlukannya kesadaran pemerintah akan pentingnya pengelolaan air yang berkelanjutan dan merancang regulasi yang dapat mendorong.

3.3 Rekomendasi Optimalisasi Pengelolaan Air yang Berkelanjutan pada Perguruan Tinggi

Berdasarkan faktor penghambat dalam pengelolaan air yang berkelanjutan di ITB, dirumuskan rekomendasi optimalisasi pengelolaan air yang berkelanjutan di perguruan tinggi secara umum.

Rekomendasi ini didapatkan dari hasil *indepth interview* dengan pemangku kepentingan di ITB dan literatur jurnal. Untuk menemukan rekomendasi yang tepat, diperlukan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Metode AHP merupakan salah satu teknik atau metode yang secara umum dipakai untuk mendukung proses pengambilan keputusan dengan *multiple criteria*. Dalam metode AHP, terdapat tiga lapisan utama dalam pengambilan keputusan, yaitu kriteria, subkriteria, dan alternatif. Aspek utama yang menjadi dasar dalam pengambilan keputusan adalah kriteria. Dalam penelitian ini, kriteria yang digunakan adalah aspek PESTEL yang digunakan untuk melihat faktor eksternal. Sedangkan, elemen yang lebih spesifik di masing-masing kriteria adalah subkriteria. Pada subkriteria yang digunakan dalam penelitian ini, berasal dari rekomendasi pada faktor pendorong yang telah didapat sebelumnya. Terakhir adalah alternatif yang menjadi pilihan strategi yang dapat dibandingkan dan diprioritaskan berdasarkan kriteria dan subkriteria sebelumnya. Berikut adalah diagram kriteria, subkriteria, dan alternatif yang terlampir pada **Gambar 2** di bawah ini.



Gambar 2. Kriteria, subkriteria, dan alternatif yang digunakan untuk metode AHP

Setiap kriteria, subkriteria, dan alternatif dijadikan kuesoiner yang disebar kepada konsultan pengelolaan air dan *sustainability*. Responden yang dipilih bertujuan untuk melihat *point of view* dari para *expert* yang sudah memiliki berbagai pengalaman. Kemudian, hasil dari kuesoiner tersebut diolah menggunakan metode AHP yang sudah dijelaskan pada subbab metodologi penelitian. Hasil dari metode AHP untuk kriteria tersebut berupa bobot yang dapat dilihat pada **Tabel 8** dibawah ini.

Tabel 8. Bobot dan Prioritas pada Kriteria

Aspek	Bobot	Prioritas	Consistency Index (CI)	Consistency Ratio (CR)	Kesimpulan
Politik	0,160	4	0,034	2,72%	Konsisten
Ekonomi	0,211	1			
Sosial	0,187	2			
Teknologi	0,138	6			
Lingkungan	0,162	3			
Hukum	0,142	5			

Kriteria terpilih untuk penerapan pengelolaan air berkelanjutan berada di aspek ekonomi dengan bobot terbesar, yaitu 0,211. Aspek ini menjadi faktor utama dalam penerpaan pengelolaan air berkelanjutan di tingkat perguruan tinggi. Hal ini dikarenakan, masih banyak perguruan tinggi negeri yang masih bergantung dengan dana dari pemerintah. Selain itu, penerapan suatu teknologi atau program di tingkat perguruan negeri, memerlukan ketersediaan dana terlebih dahulu agar penerapan tersebut dapat terealisasi. Oleh karena itu, aspek ekonomi menjadi faktor terpenting dalam implementasi pengelolaan air berkelanjutan. Peringkat kedua dan seterusnya adalah aspek sosial, lingkungan, politik, hukum, dan teknologi yang menunjukkan bahwa aspek ini kurang dominan, namun tetap relevan. Nilai CR sebesar 2,72% yang menunjukkan penilaian para ahli sudah konsisten dan dipercaya. Sedangkan untuk sub kriteria terpilih pertama adalah aspek ekonomi dalam penerapan pengelolaan air berkelanjutan, perhitungan bobot menghasilkan temuan seperti yang disajikan pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Bobot dan Prioritas pada Sub kriteria Ekonomi

Aspek	Bobot	Prioritas	Consistency Index (CI)	Consistency Ratio (CR)	Kesimpulan
Analisis NPV dan BCR	0,358	1	0,009	1,54%	Konsisten
Membangun skema <i>green financing</i>	0,355	2			
Mengadopsi kebijakan investasi berbasis ESG	0,286	3			

Berdasarkan **Tabel 9**, didapatkan bahwa kriteria ekonomi menjadi aspek terpenting dalam pengelolaan air yang berkelanjutan. Penelitian ini menunjukkan bahwa kriteria ekonomi memiliki peran dalam keberlanjutan, bahwa kelayakan finansial menjadi fondasi dalam penerapan air yang berkelanjutan. Dengan adanya analisis ekonomi dan finansial dapat merumuskan pemilihan teknologi dan kebijakan. Sesuai dengan literatur, bahwa kebutuhan akan analisis ekonomi berguna untuk perancangan dan implementasi kebijakan pengelolaan sumber daya air yang efisien telah terdokumentasi dengan baik dalam literatur ekonomi. Rekomendasi terpilih pada aspek ekonomi adalah melakukan analisis *Net Present Value* (NPV) dan *Benefit Cost Ratio* (BCR) sebelum proyek dijalankan, dengan bobot tertinggi mencapai 0,358. Kedua indikator tersebut merupakan analisis kelayakan investasi di bidang ekonomi, yang dilakukan untuk menilai apakah proyek tersebut layak dijalankan dengan mempertimbangkan nilai waktu uang dan perbandingan antara manfaat serta biaya yang dihasilkan.

Hal ini dibuktikan dari penelitian, bahwa Analisis sensitivitas merupakan alat vital untuk meningkatkan perencanaan strategis, mitigasi risiko, dan komunikasi pemangku kepentingan dalam lingkungan investasi yang tidak pasti [13]. Proyek dapat dikatakan layak secara finansial melalui analisis NPV dan BCR, apabila hasil $NPV > 0$ dan $BCR > 1$. Nilai CR untuk rekomendasi aspek ekonomi sebesar 1,54% yang menunjukkan penilaian para ahli sudah konsisten dan dipercaya. Sub kriteria terpilih kedua adalah aspek sosial dalam penerapan pengelolaan air berkelanjutan, perhitungan bobot menghasilkan temuan seperti yang disajikan pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Bobot dan Prioritas pada Sub kriteria Sosial

Aspek	Bobot	Prioritas	Consistency Index (CI)	Consistency Ratio (CR)	Kesimpulan
Meningkatkan kampanye	0,399	1	0,014	2,47%	Konsisten
Memberikan pelatihan	0,324	2			
Mendorong transparansi informasi	0,278	3			

Rekomendasi kedua adalah melihat aspek sosial. Aspek ini menunjukkan adanya keadilan, partisipasi masyarakat, dan kesetaraan dalam pembangunan. Apabila dalam pembangunan tidak melihat dimensi sosial, maka akan timbul kecemburuan dan rasa iri yang dapat menimbulkan aksi vandalisme. Kurangnya akses air bersih juga dapat menimbulkan kemiskinan dan ketimpangan. Hal ini dibuktikan dari penelitian, kurangnya akses air menyebabkan keterbatasan bagi rumah tangga, seperti kehilangan pekerjaan dan/atau pendidikan karena kesulitan memperoleh air [14]. Dua faktor tersebut membuat seseorang mustahil dalam mengeluarkan uang untuk mendapatkan air bersih, ketidakmampuan dalam mendapatkan pekerjaan layak dan/atau pendidikan sangat mempengaruhi. Jika hal ini dibiarkan terus menerus, maka akan menciptakan lingkaran setan. Rekomendasi terpilih dari aspek sosial adalah meningkatkan kampanye, dengan bobot tertinggi mencapai 0,399. Kampanye yang dilakukan harus terus menerus dan konsisten agar dapat

mengubah persepsi masyarakat. Apabila kampanye tidak dilakukan secara berkelanjutan, maka persepsi akan kembali dari awal. Efek kampanye dapat berkurang seiring waktu dan perilaku dapat kembali ke tingkat dasar [15]. Kampanye dapat dilakukan dengan berbagai strategi, salah satunya dapat memanfaatkan pemasaran digital. Strategi pemasaran digital yang inovatif, termasuk optimasi mesin pencari, pemasaran media sosial, pemasaran konten, kampanye email, dan analitik berbasis data [16]. Nilai CR untuk rekomendasi sub kriteria sosial sebesar 2,47% yang menunjukkan penilaian para ahli sudah konsisten dan dipercaya. Sub kriteria terpilih ketiga adalah aspek lingkungan dalam penerapan pengelolaan air berkelanjutan, perhitungan bobot menghasilkan temuan seperti yang disajikan pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Bobot dan Prioritas pada Sub kriteria Lingkungan

Aspek	Bobot	Prioritas	Consistency Index (CI)	Consistency Ratio (CR)	Kesimpulan
Menerapkan <i>water safety plan</i>	0,427	1	0,004	0,68%	Konsisten
Beralih dari sistem teknologi konvensional ke modern	0,266	3			
Mengadopsi teknologi yang ramah lingkungan	0,307	2			

Rekomendasi ketiga aspek lingkungan. Aspek ini terdiri dari perlindungan lingkungan, efisiensi penggunaan air, serta dampak limbah terhadap lingkungan. Aspek lingkungan meliputi perlindungan ekosistem air, pengendalian polusi, pelestarian keanekaragaman hayati, dan pemulihan fungsi alami sungai, danau, serta air tanah. Pembangunan berkelanjutan memerlukan pengambilan keputusan lingkungan yang mencakup nilai alam intrinsik, serta harus didukung oleh pemodelan ekologi, standar kualitas lingkungan tambahan, dan keseimbangan substansi. [17]. Oleh karena itu, aspek lingkungan dalam pengelolaan air berkelanjutan berguna untuk menjaga fungsi ekosistem agar tetap alami dan menjaga sumber daya air. Rekomendasi terpilih untuk aspek lingkungan adalah menerapkan *water safety plan*, dengan bobot tertinggi sebesar 0,427.

Sejak 2004, *World Health Organization* (WHO) telah secara resmi merekomendasikan WSP sebagai intervensi kesehatan masyarakat untuk secara konsisten memastikan keamanan air minum [18]. Nilai CR untuk sub kriteria lingkungan sebesar 0,68% yang menunjukkan penilaian para ahli sudah konsisten dan dipercaya. Sub kriteria terpilih keempat adalah aspek politik dalam penerapan pengelolaan air berkelanjutan, perhitungan bobot menghasilkan temuan seperti yang disajikan pada **Tabel 12**.

Tabel 12. Bobot dan Prioritas pada Sub kriteria Politik

Aspek	Bobot	Prioritas	Consistency Index (CI)	Consistency Ratio (CR)	Kesimpulan
Strategi pengelolaan air berkelanjutan	0,444	1	0,007	1,29%	Konsisten
Penerapan Struktur Desentralisasi	0,254	3			
Pembentukan Unit <i>Sustainability</i>	0,302	2			

Rekomendasi keempat dengan melihat aspek politik. Pembangunan air berkelanjutan sangat dipengaruhi oleh dimensi politik, baik dalam hal kebijakan, tata kelola, maupun distribusi kekuasaan dan kepentingan antar pemangku kepentingan. Salah satu penelitian menunjukkan bahwa tata kelola air pada hakikatnya adalah pilihan-pilihan politik tentang ke mana air harus mengalir; tentang norma, aturan, dan hukum yang menjadi dasar pilihan-pilihan tersebut; tentang siapa yang paling mampu atau memenuhi syarat untuk memutuskan hal ini; dan tentang masa depan masyarakat yang didukung oleh pilihan-pilihan tersebut [19]. Selain itu, tema-tema utama yang muncul dari kontribusi tata kelola air meliputi politik infrastruktur dan ketidakamanan air; politik partisipatif dan dinamika tata kelola multiskala; politik terkait dengan teknologi air yang sedang berkembang (air minum kemasan atau air kemasan dan desalinasi air); dan tata kelola air Pribumi [20].

Pada aspek politik ini, rekomendasi yang memiliki bobot terbesar adalah strategi pengelolaan air yang berkelanjutan, dengan bobot tertinggi sebesar 0,444. Strategi pengelolaan air yang berkelanjutan sangat penting untuk menjaga ketersediaan air bersih di tengah ancaman perubahan iklim, pertumbuhan penduduk, dan urbanisasi yang makin meningkat. Strategi yang efektif harus mempertimbangkan aspek ekonomi, keadilan sosial, lingkungan, dan adaptasi teknologi. Nilai CR untuk sub kriteria politik sebesar 1,29% yang menunjukkan penilaian para ahli sudah konsisten dan dipercaya. Sub kriteria terpilih kelima

adalah aspek hukum dalam penerapan pengelolaan air berkelanjutan, perhitungan bobot menghasilkan temuan seperti yang disajikan pada **Tabel 13**.

Tabel 13. Bobot dan Prioritas pada Sub kriteria Hukum

Aspek	Bobot	Prioritas	Consistency Index (CI)	Consistency Ratio (CR)	Kesimpulan
Dorongan dari regulasi pemerintah	0,501	1	0,002	0,39%	Konsisten
Menyusun <i>roadmap</i> kampus	0,250	2			
Menyusun kerangka kerja pemantauan kebijakan	0,249	3			

Rekomendasi kelima adalah aspek hukum. Aspek ini adalah memastikan pengelolaan air yang berkelanjutan, dengan menyediakan kerangka kerja untuk perlindungan, distribusi, pengawasan, monitoring, dan penggunaan sumber daya air secara adil dan berkelanjutan. Selain itu, aspek ini dapat menjamin keadilan, perlindungan lingkungan, dan partisipasi publik dalam pengelolaan air berkelanjutan. Rekomendasi terpilih dari aspek hukum adalah dorongan dari regulasi pemerintah, dengan bobot tertinggi mencapai 0,501. Terlihat bahwa adanya regulasi pemerintah dapat menjadi pendorong utama universitas mengimplementasikan pengelolaan air berkelanjutan. Dengan adanya kebijakan, peraturan, ataupun instrumen hukum, peran pemerintah dapat mengarahkan perilaku, mendorong inovasi, serta memastikan perlindungan dan distribusi air secara adil dan efisien.

Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan dampak positif substansial dari kebijakan dan regulasi lingkungan serta pengetahuan lingkungan pada program pengelolaan sumber daya air dan konsumsi berkelanjutan [21]. Nilai CR untuk sub kriteria hukum sebesar 0,39% yang menunjukkan penilaian para ahli sudah konsisten dan dipercaya. Sub kriteria terpilih terakhir adalah aspek teknologi dalam penerapan pengelolaan air berkelanjutan, perhitungan bobot menghasilkan temuan seperti yang disajikan di **Tabel 14**.

Tabel 14. Bobot dan Prioritas pada Teknologi

Aspek	Bobot	Prioritas	Consistency Index (CI)	Consistency Ratio (CR)	Kesimpulan
Pengkajian studi kelayakan dan uji coba kecil	0,399	1	0,047	8,05%	Konsisten
Kolaborasi dengan startup, industri teknologi, dan sejenisnya	0,337	2			
Inovasi dan benchmarking teknologi dari universitas lain	0,264	3			

Rekomendasi dari aspek terakhir adalah teknologi. Pada dimensi ini, teknologi menjadi kriteria terakhir dalam penerapan pengelolaan air berkelanjutan. Hal ini dikarenakan, pemilihan teknologi dapat disesuaikan dengan permasalahan dan kebutuhan yang ada. Namun, dalam pemilihan teknologi sering kali terdapat ketidaksesuaian dan tantangan, seperti biaya investasi maupun operasional yang tidak sesuai dengan dana yang ada, penggunaan material yang aman dan ramah lingkungan, kolaborasi dengan lintas sektor, hingga keterbatasan dalam penerapan teknologi di negara berkembang. Rekomendasi terpilih dari aspek ini adalah pengkajian studi kelayakan dan uji coba kecil, dengan bobot tertinggi mencapai 0,399. Tujuan dari rekomendasi ini dapat memastikan bahwa penerapan teknologi yang digunakan sudah benar-benar layak diterapkan secara teknis, ekonomi, dan sosial sebelum digunakan secara luas.

Studi kelayakan berguna untuk mengembangkan solusi teknologi berkelanjutan dengan mengevaluasi ketahanan teknologi, mempertimbangkan tantangan terkait fitur/persyaratan arsitektur untuk pemasangan sensor, dll., menentukan kebutuhan pengguna untuk penyesuaian individual guna mencapai teknologi yang 'sesuai untuk setiap orang' [22]. Nilai CR untuk sub kriteria teknologi sebesar 8,05% yang menunjukkan penilaian para ahli sudah konsisten dan dipercaya. Terakhir adalah alternatif dalam penerapan pengelolaan air berkelanjutan yang hasil dari perhitungan bobot dapat dilihat pada **Tabel 15** berikut ini.

Tabel 15. Bobot dan Prioritas pada Alternatif

Aspek	Bobot	Prioritas	Consistency Index (CI)	Consistency Ratio (CR)	Kesimpulan
<i>Rainwater harvesting</i>	0,326	1	0,002	0,27%	Konsisten
<i>Smart water meter</i>	0,236	3			
<i>Faucet Aerator</i>	0,157	4			
<i>Recycling Systems</i>	0,282	2			

Terakhir adalah alternatif yang terpilih berupa *rainwater harvesting* atau permanenan air hujan, dengan bobot tertinggi sebesar 0,326. *Rain water harvesting* (RWH) merupakan aplikasi pengumpulan dan penyimpanan air hujan untuk digunakan kembali, sebagai kebutuhan domestik, pertanian, maupun pengisian air tanah. Sistem ini semakin penting di tengah krisis air, urbanisasi, dan perubahan iklim, serta dapat diterapkan di berbagai lokasi baik di perkotaan maupun perdesaan. RWH menjadi strategi pengelolaan air berkelanjutan yang paling seimbang dengan nilai $C_i^+ = 0,640$, unggul dalam keadilan sosial dan keberlanjutan lingkungan [23]. Selain itu, RWH berkontribusi signifikan terhadap ketersediaan air selama musim kemarau, mengurangi ketergantungan pada sumber air konvensional dan meningkatkan keberlanjutan pfnian [24]. Dari penelitian tersebut juga menghasilkan bahwa RWH layak secara finansial, dikarenakan *payback periods* yang cepat dan manfaat jangka panjang yang berkelanjutan. Nilai CR untuk alternatif sebesar 0,27% yang menunjukkan penilaian para ahli sudah konsisten dan dipercaya.

4. Kesimpulan

Hasil penilaian kinerja pengelolaan air di ITB Ganesha berdasarkan instrumen UI GreenMetric menunjukkan skor sebesar 550 dari 1000, dan jika dikalikan bobot kategori air sebesar 10% menghasilkan nilai 55 dari 100. Nilai ini masih jauh dari optimal, khususnya pada indikator implementasi konsumsi air olahan. ITB sudah menerapkan program tersebut, namun masih minimal.

Penerapan pengelolaan air berkelanjutan di ITB lebih banyak dipengaruhi oleh faktor penghambat dibandingkan pendorong. Hambatan utama muncul pada dimensi *Legal*, *Technological*, dan *Political*, seperti belum adanya regulasi yang jelas, kelembagaan yang tidak terpusat, kesalahan dalam pemilihan teknologi, serta keterbatasan lahan, sumber daya manusia yang minim dan kurang terlatih, serta pendanaan yang masih minim. Faktor sosial dan ekonomi sangat mendukung dalam penerapan pengelolaan air berkelanjutan, terutama dari dukungan civitas akademika, gerakan mahasiswa, dan dapat mengurangi biaya pengolahan air apda pihak ke-3. Akan tetapi, dalam impelmentasi masih terdapat tantangan yang tinggi karena masih adanya konflik internal, vandalisme, dan ketergantungan pada anggaran pemerintah.

Rekomendasi yang dapat dilakukan oleh universitas dalam penerapan air berkelanjutan dapat dilihat dari kriteria ekonomi, sosial, lingkungan, politik, hukum, dan teknologi. Sedangkan untuk penerapan air berkelanjutan yang lebih spesifik dapat dimulai dari penerapan strategi pengelolaan air berkelanjutan, analisis NPV dan BCR, memberikan pelatihan kepada pimpinan atau pemangku kepentingan, pengkajian studi kelayakan dan uji coba kecil, mendorong pemerintah untuk membuat regulasi, serta menerapkan *water safety plan*. Sedangkan untuk alternatif teknologi adalah dengan memulai penerapan *rain water harvesting*.

5. Daftar Pustaka

- [1] Connell, D. (2013) 'Water wars, maybe, but who is the enemy?', Global Water Forum, 10 April, <https://www.globalwaterforum.org/2013/04/10/water-wars-maybe-but-who-is-the-enemy/>
- [2] Dhak, D., Chiavola, A., Mishra, A., & Dhak, P. (2023) Editorial: Innovations and challenges in green and sustainable water purification and waste water management. *Frontiers in Chemistry*. 11. <https://doi.org/10.3389/fchem.2023.1235757>.
- [3] McDonald, R., Green, P., Balk, D., Fekete, B., Revenga, C., Todd, M., & Montgomery, M. (2011). Urban growth, climate change, and freshwater availability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108, 6312 - 6317. <https://doi.org/10.1073/pnas.1011615108>.
- [4] Grison, C., Koop, S., Eisenreich, S., Hofman, J., Chang, I., Wu, J., Savić, D., & Van Leeuwen, K. (2023). Integrated Water Resources Management in Cities in the World: Global Challenges. *Water Resources Management*. 37. <https://doi.org/10.1007/s11269-023-03475-3>.
- [5] Wang, X. (2025). Sustainable Water Management: Balancing Economic, Social, and Environmental Needs. *Journal of Lifestyle and SDGs Review*. <https://doi.org/10.47172/2965-730x.sdgsreview.v5.n05.pe06606>.

- [6] Boiocchi, R., Ragazzi, M., Torretta, V., & Rada, E. (2023). Critical Analysis of the GreenMetric World University Ranking System: The Issue of Comparability. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15021343>.
- [7] Aregarot, P., Kubaha, K., & Chiarakorn, S. (2024). A Study of Sustainability Concepts for Developing Green Universities in Thailand. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16072892>.
- [8] UI GreenMetric World University Ranking. (2024). UI GreenMetric Guideline Instituting UI Greenmetric: The Way Forward. University Ranking. <https://greenmetric.ui.ac.id/wp-content/uploads/2024/06/UI-GreenMetric-Guideline-2024-1.pdf>
- [9] Saaty, T.L., Vargas, L.G. (2012). Models, Methods, Concepts and. Applications of the Analytic Hierarchy Process. New York: Springer
- [10] Resmaindra, M., & Hidayat, R. (2025). Perancangan Sistem Daur Ulang Air Limbah dengan Sewage Treatment Plant (STP) untuk Efisiensi Penggunaan Air di Gedung Koperasi. *Jurnal Karajata Engineering*. <https://doi.org/10.31850/karajata.v5i1.3539>
- [11] Biancardi, A., Colasante, A., D'Adamo, I., Daraio, C., Gastaldi, M., & Uricchio, A. (2023). Strategies for developing sustainable communities in higher education institutions. *Scientific Reports*, 13. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48021-8>.
- [12] Başkent, E. (2020). A Framework for Characterizing and Regulating Ecosystem Services in a Management Planning Context. *Forests*, 11, 102. <https://doi.org/10.3390/f11010102>.
- [13] Chen, S. (2025). Net Present Value (NPV) Sensitivity Analysis: Understanding Risk in Investment Projects. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/2024.19301>.
- [14] García-López, M., Cuadrado-Quesada, G., & Montano, B. (2023). Untangling the vicious cycle around water and poverty. *Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1002/sd.2753>.
- [15] Gherheș, V., & Cernicova-Bucă, M. (2025). Reducing Water Consumption on a Student Campus Through Communication Campaigns. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su17020680>.
- [16] Ijomah, T., Idemudia, C., Eyo-Udo, N., & Anjorin, K. (2024). Innovative digital marketing strategies for SMEs: Driving competitive advantage and sustainable growth. *International Journal of Management & Entrepreneurship Research*. <https://doi.org/10.51594/ijmer.v6i7.1265>.
- [17] Vannevel, R., & Goethals, P. (2020). Identifying Ecosystem Key Factors to Support Sustainable Water Management. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su12031148>.
- [18] Setty, K., & Ferrero, G. (2021). Water Safety Plans. *Oxford Research Encyclopedia of Global Public Health*. <https://doi.org/10.1093/ACREFORE/9780190632366.013.338>.
- [19] Zwarteveen, M., Kemerink-Seyoum, J., Kooy, M., Evers, J., Guerrero, T., Batubara, B., Biza, A., Boakye-Ansah, A., Faber, S., Flamini, A., Cuadrado-Quesada, G., Fantini, E., Gupta, J., Hasan, S., Ter Horst, R., Jamali, H., Jaspers, F., Obani, P., Schwartz, K., Shubber, Z., Smit, H., Torio, P., Tutusaus, M., & Wesselink, A. (2017). Engaging with the politics of water governance. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 4. <https://doi.org/10.1002/wat2.1245>.
- [20] Wilson, N., Harris, L., Nelson, J., & Shah, S. (2019). Re-Theorizing Politics in Water Governance. *Water*. <https://doi.org/10.3390/W11071470>.
- [21] Kherazi, F., Sun, D., Sohu, J., Junejo, I., Naveed, H., & Khan, A. (2024). The role of environmental knowledge, policies and regulations toward water resource management: A mediated-moderation of attitudes, perception, and sustainable consumption patterns. *Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1002/sd.2991>.
- [22] Holthe, T., Casagrande, F., Halvorsrud, L., & Lund, A. (2018). The assisted living project: a process evaluation of implementation of sensor technology in community assisted living. A feasibility study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 15, 29 - 36. <https://doi.org/10.1080/17483107.2018.1513572>.
- [23] Han, F., Alkhawaji, R., & Shafieezadeh, M. (2024). Evaluating sustainable water management strategies using TOPSIS and fuzzy TOPSIS methods. *Applied Water Science*. <https://doi.org/10.1007/s13201-024-02336-7>.
- [24] González, P., Lazo, R., Carrera, C., Torres, Ó., Bustos-Espinoza, L., Córdova, A., & Ingram, B. (2025). Rainwater Harvesting for Well Recharge and Agricultural Irrigation: An Adaptation Strategy to Climate Change in Central Chile. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su17083549>.