

Bab 2.

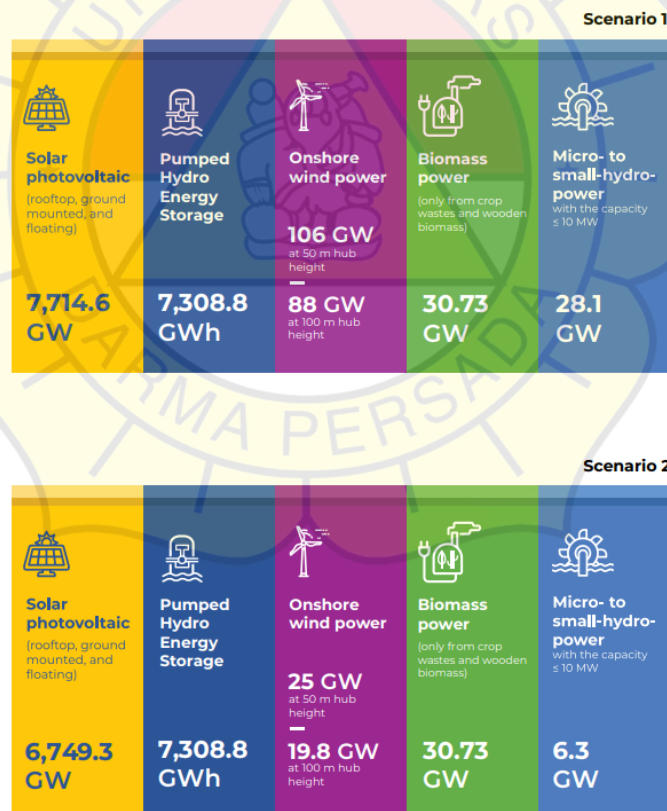
Tinjauan Pustaka

2.1 Potensi Energi Terbarukan di Indonesia

Pada bulan Oktober 2021, *Institute for Essential Services Reform* (IESR) meluncurkan kajian berjudul “Beyond 443 GW: *Indonesia’s Infinite Renewables Energy Potentials*” yang berisi data pemetaan potensi teknis Energi Terbarukan di Indonesia dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis. Kajian ini dapat menjadi rekomendasi bagi pemerintah dan pemangku kebijakan dalam membuat perencanaan dan mengalokasikan sumber daya dalam memanfaatkan potensi Energi Terbarukan. IESR juga berharap kajian ini membantu pemerintah daerah dalam memanfaatkan potensi sumber daya Energi Terbarukan di wilayah kewenangannya.[2]

Dalam kajian ini disebutkan bahwa total potensi di Indonesia mencapai 7.879,4 Gigawatt (skenario 1) atau 6.811,3 Gigawatt (skenario 2), yang terdiri atas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebesar 7.714,6 Gigawatt (skenario 1)

dan 6.749,3 Gigawatt (skenario 2), Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) sebesar 28,1 Gigawatt (skenario 1) dan 6,3 Gigawatt (skenario 2), Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) sebesar 19,8 hingga 106 Gigawatt, dan Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) 30,73 Gigawatt. Menurut penulis kajian, data potensi tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan yang tertera dalam dokumen Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), yakni sebesar 443 Gigawatt karena potensi Energi Terbarukan di Indonesia sangat melimpah, bahkan lebih dari yang dibutuhkan untuk mencapai dekarbonisasi mendalam atau target nol emisi 2050.



Total technical potential capacity per technology that can be applied in Indonesia

Gambar 2-1 Potensi Energi Terbarukan (IESR, Beyond 443 GW)

2.2 Bisnis Energi Terbarukan

Bisnis di bidang Energi Terbarukan mencakup berbagai macam kegiatan, mulai dari hulu hingga hilir. Berikut beberapa kategorinya :

1. Hulu :

- Pengembangan teknologi: Perusahaan di bidang ini fokus pada penelitian dan pengembangan teknologi Energi Terbarukan, seperti panel surya, turbin angin, dan baterai.
- Eksplorasi dan eksploitasi sumber daya: Perusahaan ini mencari dan mengeksplorasi sumber daya Energi Terbarukan, seperti sinar matahari, angin, air, dan panas bumi.
- Produksi bahan baku: Perusahaan ini memproduksi bahan baku untuk Energi Terbarukan, seperti silikon untuk panel surya dan bahan baku baterai.

2. Midstream :

- Manufaktur : Perusahaan di bidang ini memproduksi komponen dan peralatan untuk Energi Terbarukan, seperti panel surya, turbin angin, dan inverter.
- Distribusi : Perusahaan ini mendistribusikan komponen dan peralatan Energi Terbarukan ke pengecer dan installer.

3. Hilir :

- Pemasangan : Perusahaan ini memasang sistem Energi Terbarukan untuk rumah, bisnis, dan industri.
- Operasi dan pemeliharaan : Perusahaan ini menyediakan layanan operasi dan pemeliharaan untuk sistem Energi Terbarukan.

- Pengembangan proyek : Perusahaan ini mengembangkan dan membiayai proyek Energi Terbarukan, seperti pembangkit listrik tenaga surya dan angin.
- Penyediaan layanan energi : Perusahaan ini menyediakan layanan Energi Terbarukan kepada konsumen, seperti listrik hijau dan sertifikat Energi Terbarukan.

4. Jasa Pendukung :

- Konsultasi : Perusahaan ini memberikan konsultasi tentang Energi Terbarukan, seperti penilaian potensi, desain sistem, dan pembiayaan.
- Pendidikan dan pelatihan : Perusahaan ini menyediakan pendidikan dan pelatihan tentang Energi Terbarukan, seperti untuk *installer* dan teknisi.
- Penelitian dan pengembangan : Perusahaan ini melakukan penelitian dan pengembangan tentang Energi Terbarukan, seperti untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya.
- Kebijakan dan advokasi : Perusahaan ini bekerja untuk mempromosikan kebijakan dan peraturan yang mendukung Energi Terbarukan.

Bisnis Energi Terbarukan adalah industri yang berkembang pesat dengan banyak peluang untuk pengusaha. Dengan meningkatnya permintaan akan energi yang bersih dan berkelanjutan, bisnis di bidang ini akan terus bertumbuh di tahun-tahun mendatang.

Berikut adalah layanan pembangkit tenaga listrik Energi Terbarukan yang ada di Indonesia :

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Energi panas matahari sangat melimpah di daerah yang memiliki iklim tropis seperti di Indonesia yang selalu disinari matahari sepanjang tahun. Hal itu menjadi sumber energi yang sangat berpotensi untuk dikembangkan.[3]

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem pembangkit energi listrik yang dapat mengubah energi elektromagnetik dari sinar matahari menjadi energi listrik.[4] PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik dengan arus searah atau DC (*direct current*), yang dapat dikonversi arus bolak-balik AC (*alternating current*) melalui inverter.

Energi surya memiliki potensi besar di Indonesia, terutama karena letak geografisnya yang berada di daerah tropis dengan paparan sinar matahari yang tinggi sepanjang tahun. Pembangkit listrik berbasis Energi Terbarukan ini merupakan salah satu solusi yang direkomendasikan untuk listrik di daerah pedesaan terpencil di mana sinar matahari melimpah.

Jenis sistem PLTS yang ada saat ini baik untuk sistem yang tersambung ke jaringan listrik PLN (*On-Grid*) maupun sistem PLTS yang berdiri sendiri atau tidak terhubung ke jaringan listrik PLN (*Off-Grid*). Untuk lebih efektif PLTS *Hybrid* menggunakan *Battery* untuk menyimpan energi yang dihasilkan.

1. *PLTS Rooftop Residential*

PLTS Rooftop Residential merujuk pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dipasang di atap bangunan perumahan atau rumah tinggal. Istilah ini mencakup sistem panel surya yang ditempatkan di atap rumah untuk menghasilkan listrik dari energi matahari.[3]

PLTS *Rooftop Residential* biasanya dirancang untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga secara mandiri atau sebagai bagian dari sistem pembangkit listrik yang terhubung ke jaringan umum. Panel surya di atap rumah menangkap energi matahari dan mengonversinya menjadi listrik yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah, seperti pencahayaan, peralatan rumah tangga, dan lainnya.



Gambar 2-2 PLTS Rooftop Residential

2. *PLTS Rooftop Industry*

PLTS *Rooftop Industry* merujuk pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terletak di atap bangunan industri atau pabrik. Sama seperti PLTS *Rooftop Residential*, konsep ini menunjukkan penggunaan panel surya untuk menghasilkan listrik bagi industri dan ini sangat menguntungkan dikarenakan mengurangi beban penggunaan listrik yang cukup besar pada saat siang hari.[5]

PLTS *Rooftop Industry* memiliki beberapa karakteristik khusus yang mungkin berbeda dari instalasi di rumah tangga. Beberapa poin yang perlu diperhatikan dalam konteks PLTS *Rooftop Industry* melibatkan skala produksi yang lebih besar, kebutuhan energi yang lebih tinggi, dan potensi untuk menyediakan daya bagi keperluan operasional pabrik atau industri.



Gambar 2-3 PLTS Rooftop Industry

3. *PLTS Ground Mounted*

PLTS *Ground Mounted* merujuk pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terletak di tanah atau permukaan tanah daripada di atas atap bangunan. Dengan kata lain, instalasi ini melibatkan pemasangan panel surya di permukaan tanah daripada di atas struktur bangunan seperti atap rumah atau gedung. Pemasangan disesuaikan dengan letak geografis dan untuk mendapatkan optimal harus disesuaikan dengan design lokasinya.[6]



Gambar 2-4 PLTS Ground Mounted

4. PLTS Terapung

PLTS Terapung merujuk pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang dibangun di atas air, seperti danau, waduk, sungai, atau laut. Sistem ini melibatkan penempatan panel surya pada struktur apung yang biasanya didukung oleh ponton atau struktur penyangga yang dirancang khusus. PLTS Terapung menciptakan potensi untuk menghasilkan energi surya di atas permukaan air[7].



Gambar 2-5 PLTS Terapung/Floating Solar Panel

2.2.2 PLT Panas Bumi

PLT Panas Bumi merujuk pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. Ini adalah jenis pembangkit listrik yang menggunakan panas bumi yang dihasilkan dari dalam bumi untuk menghasilkan energi listrik. Panas bumi ini dapat berasal dari aktivitas vulkanik atau dari panas bumi yang disimpan di dalam bumi.

Proses utama dalam PLT Panas Bumi pengeboran sumur panas bumi untuk mencapai lapisan bawah tanah yang memiliki sumber panas yang memadai. Ketika air mengalir ke dalam sumur, panas bumi akan memanaskan air tersebut, dan uap panas yang dihasilkan akan digunakan untuk memutar turbin dan menggerakkan generator listrik.[8]



Gambar 2-6 PLT Geothermal

2.2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

PLTB, atau Pembangkit Listrik Tenaga Bayu, adalah jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan energi angin untuk menghasilkan listrik. Cara kerjanya adalah dengan menggunakan kincir angin raksasa yang terhubung dengan turbin angin. Ketika angin bertiup, kincir angin berputar dan memutar turbin, yang kemudian menghasilkan energi listrik.[9]

Secara keseluruhan, PLTB adalah sumber energi yang bersih, terbarukan, dan berkelanjutan yang dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan ketahanan energi. Namun, perlu dipertimbangkan juga beberapa kelemahannya sebelum membangun PLTB di suatu daerah salah satunya ada tidak konstannya kecepatan angin.[10]

Berikut adalah beberapa informasi tambahan tentang PLTB di Indonesia:

- PLTB pertama di Indonesia adalah PLTB Sidrap di Sulawesi Selatan, yang mulai beroperasi pada tahun 2018.

- Saat ini, terdapat beberapa PLTB lain yang sedang dibangun atau direncanakan di Indonesia, seperti PLTB Jeneponto di Sulawesi Selatan dan PLTB Tanah Laut di Kalimantan Selatan.
- Pemerintah Indonesia menargetkan untuk mencapai 25 gigawatt (GW) kapasitas terpasang PLTB pada tahun 2025.[11]



Gambar 2-7 PLTBayu

2.2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa)

PLTSA, atau **Pembangkit Listrik Tenaga Sampah**, adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan sampah sebagai sumber energi untuk menghasilkan listrik. Cara kerjanya adalah dengan membakar sampah untuk menghasilkan panas, yang kemudian digunakan untuk memanaskan air dan menghasilkan uap. Uap ini kemudian digunakan untuk memutar turbin yang terhubung dengan generator listrik, sehingga menghasilkan listrik.[12]

Secara keseluruhan, PLTSA adalah teknologi yang dapat membantu mengatasi masalah sampah dan menghasilkan energi listrik. Namun, perlu dipertimbangkan juga beberapa kelemahannya sebelum membangun PLTSA di suatu daerah.[13]

Berikut adalah beberapa informasi tambahan tentang PLTSA di Indonesia:

- PLTSA pertama di Indonesia adalah PLTSA Bantargebang di Jakarta, yang mulai beroperasi pada tahun 2019.
- Saat ini, terdapat beberapa PLTSA lain yang sedang dibangun atau direncanakan di Indonesia, seperti PLTSA Solo dan PLTSA Semarang.
- Pemerintah Indonesia menargetkan untuk membangun 12 PLTSA di berbagai kota di Indonesia hingga tahun 2025.[14]



Gambar 2-8 PLTSampah

2.2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBiomass)

PLTBm (Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi biomassa sebagai sumber energi untuk menghasilkan listrik. Biomassa sendiri adalah bahan organik yang berasal dari makhluk hidup, seperti

tanaman, hewan, dan mikroorganisme. [15], [16] Beberapa contoh biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan bakar PLTBm adalah:

- Limbah pertanian: jerami padi, tongkol jagung, sabut kelapa. [17]
- Limbah kehutanan: ranting pohon, dedaunan. [16]
- Limbah peternakan: kotoran ternak. [18]
- Limbah industri: ampas tebu, lumpur pulp

Cara kerja PLTBm secara umum adalah sebagai berikut:

1. Biomassa dikeringkan dan kemudian diubah menjadi bentuk yang lebih mudah digunakan, seperti pelet atau briket.
2. Biomassa kemudian dibakar di dalam ruang bakar pembangkit.
3. Panas yang dihasilkan dari pembakaran biomassa digunakan untuk memanaskan air dan menghasilkan uap.
4. Uap tersebut kemudian digunakan untuk memutar turbin yang terhubung dengan generator listrik, sehingga menghasilkan listrik.



Gambar 2-9 PLT Biomass

2.3 *Decision Support System (DSS)*

Sistem merupakan kumpulan sub-sub sistem (elemen) yang saling berkolerasi satu dengan lainnya untuk mencapai tujuan tertentu. Sebuah Perusahaan memiliki sistem managerial yang terdiri dari bottom, middle dan top managemen yang memiliki tujuan untuk mencapai tujuan. DSS diartikan sebagai suatu sistem yang dirancang dan digunakan untuk mendukung manajemen dalam pengambilan keputusan.

DSS pertama kali diungkapkan pada tahun 1971 oleh Michael Scoot Morton (Turban, 2001) dengan Istilah *Managemen Decision Support System*. [19] Kemudian sejumlah perusahaan, lembaga penelitian dan perguruan tinggi mulai melakukan penelitian dan membangun Sistem Pendukung Keputusan,

2.3.1 *Definisi dan Tujuan Decision Support System*

- Defiinisi *Decision Support System*/Sistem Pendukung Keputusan

Sistem pendukung keputusan diperkenalkan oleh G. Anthony Gorry dan Michael S. Scott Morton. Keduanya adalah professor dari MIT menulis artikel dalam jurnal yang berjudul '*A framework for Management Information System*'. Mereka mengembangkan kerangka pemikiran tentang pemanfaatan aplikasi komputer pada proses pengambilan keputusan bagi level manajemen. Berdasarkan kerangka ini dapat didefinisikan bahwa sistem pendukung keputusan ini berkaitan erat dengan sistem informasi atau model analisis yang dirancang untuk membantu para pengambil keputusan dan para profesional agar mendapatkan informasi yang akurat.

DSS sebenarnya merupakan implementasi teori-teori pengambilan keputusan yang telah diperkenalkan oleh ilmu-ilmu seperti *operation research* dan *management science*.

- Tujuan pengembangan *Decision Support System*/Sistem Pendukung Keputusan

Kebutuhan akan informasi yang akurat, kebutuhan akan informasi yang terbaru dan up to date, penyediaan informasi yang tepat waktu, pengurangan biaya, adanya kebutuhan tentang sistem yang mudah digunakan karena adanya perubahan perilaku pengguna akhir (*end user*) merupakan alasan-alasan yang membuat sistem pendukung keputusan merupakan sistem yang dibutuhkan. Karena sistem pendukung keputusan harus memenuhi semua kebutuhan diatas untuk membantu pengambil keputusan.

Tujuan implementasi sistem pendukung keputusan antara lain :

- a) Sistem pendukung keputusan berbasis komputer dapat memungkinkan para pengambil keputusan untuk mengambil keputusan dalam waktu yang cepat karena dukungan sistem yang dapat memproses data dengan cepat dan dalam jumlah yang banyak.
- b) Sistem pendukung keputusan ini dimaksudkan untuk membantu manajer dalam mengambil keputusan bukan menggantikan tugas manajer sehingga dengan dukungan data informasi yang akurat diharapkan manajer dapat membuat keputusan yang lebih akurat dan berkualitas.
- c) Menghasilkan keputusan yang efektif (sesuai tujuan) dan efisien dalam hal waktu, tujuan pengembangan sistem ini adalah untuk efisiensi, peningkatan kinerja dan peningkatan kualitas informasi. Terdapat 2 jenis efisiensi yang

diperoleh, yakni efisiensi biaya dan efisiensi sumber daya. Efisiensi biaya dilakukan dengan mengoptimalkan keuntungan dengan biaya minimum, sedangkan efisiensi sumber daya dilakukan dengan pemanfaatan sumber daya semaksimal mungkin.

- d) Meningkatkan tingkat pengendalian guna meningkatkan kemampuan untuk mendeteksi adanya kesalahan-kesalahan pada suatu sistem sehingga dapat dilakukan antisipasi kesalahan.
- e) Menghasilkan keputusan yang berkualitas karena keputusan yang diambil didasarkan pada data yang lengkap dan akurat. Peningkatan pelayanan oleh suatu sistem pendukung keputusan untuk menghasilkan keputusan yang berkualitas.

Menurut Turban komponen Sistem Penunjang Keputusan dapat dibangun dari subsistem berikut ini :

- 1) Subsistem Manajemen Data (*Data Management Subsystem*) Sub sistem manajemen data memasukan satu database yang berisi data yang relevan untuk situasi dan dikelola oleh perangkat lunak yang disebut *Database Manajement System* (DBMS). Subsistem manajemen data dapat diinterkoneksi dengan data *warehouse* perusahaan, suatu *repository* untuk data perusahaan yang relevan untuk pengambil keputusan. Biasanya data disimpan atau diakses melalui *Server Web Database*.
- 2) Subsistem Manajemen Model (*Model Management Subsystem*)

Merupakan paket perangkat lunak yang memasukkan model keuangan, statistic, ilmu manajemen atau model kuantitatif lainnya yang memberikan

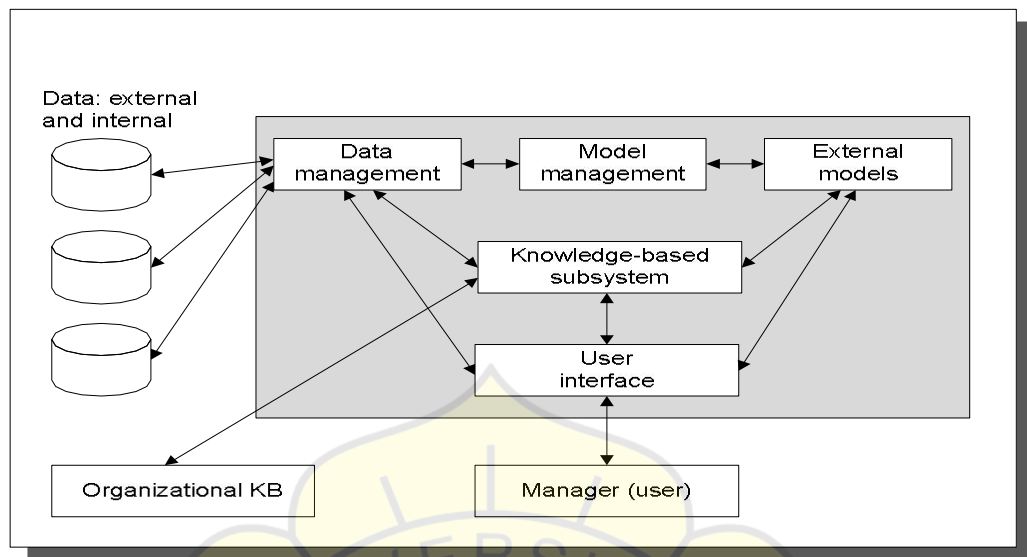
kapabilitas analitik dan manajemen perangkat lunak yang tepat. Termasuk juga bahasa pemodelan untuk membuat model yang dapat disesuaikan. Perangkat lunak ini sering disebut dengan *Model Base Management System* (MBMS). Komponen ini dapat dikoneksikan ke penyimpanan korporat atau eksternal yang ada pada model.

3) Subsistem Antar muka Pengguna (*User Interface Subsystem*)

Pengguna berkomunikasi dengan dan memerintahkan SPK melalui subsistem ini. Pengguna adalah bagian yang dipertimbangkan dari sistem. Para peneliti menegaskan bahwa beberapa kontribusi unik dari SPK berasal dari interaksi yang intensif antara komputer dan pembuat keputusan.

4) Subsistem Manajemen Pengetahuan (*Knowledge Management Subsystem*)

Subsistem ini dapat mendukung semua subsistem lain atau bertindak sebagai komponen independen. Subsistem tersebut dapat memberikan inteligensi untuk memperbesar pengetahuan bagi pengambil keputusan. Subsistem ini dapat diinterkoneksi dengan *repository* pengetahuan perusahaan (bagian dari *Knowledge Management Subsystem*). Yang biasanya disebut dengan *Organization Knowledge Base*.



Gambar 2-10 Schematic View of DSS

2.3.2 Tahap-Tahap Pengambilan Keputusan

Proses pengambilan keputusan meliputi tiga tahap utama yaitu *inteligensi*, desain, dan pilihan. Proses ini menambahkan tahapan keempat yakni implementasi (Turban, 2005). Keempat tahapan pengambilan keputusan sebagai berikut:

a. Tahapan *Intelegensi*

Fase ini dimulai dengan mengidentifikasi masalah yang ada dan mendefinisikan masalah tersebut secara eksplisit kemudian klasifikasi masalah tersebut dengan menempatkannya dalam suatu kategori yang dapat didefinisikan serta distrukturisasi masalah tersebut menjadi masalah terprogram dengan yang tidak terprogram, selanjutnya dikomposisikan masalah tersebut menjadi banyak sub masalah yang lebih sederhana kemudian didefinisikan kepemilikan masalah tersebut dan diakhiri dengan pernyataan masalah secara formal.

b. Tahapan Desain

Tahap ini merupakan proses penemuan atau mengembangkan dan menganalisis tindakan yang mungkin untuk dilakukan. Hal ini meliputi pemahaman terhadap masalah dan menguji solusi yang layak. Dan pada fase ini dikembangkan sebuah model masalah pengambilan keputusan untuk dikonstruksi, dites dan divalidasi.

c. Tahap Pilihan

Tahap pilihan adalah tahap dimana dibuat suatu keputusan yang nyata dan diambil suatu komitmen untuk mengikuti suatu tindakan tertentu. Tahapan pilihan meliputi pencarian, evaluasi, dan rekomendasi terhadap suatu solusi yang tepat untuk model. Sebuah solusi untuk model adalah sekumpulan nilai spesifik untuk variabel-variabel keputusan dalam suatu alternatif yang telah dipilih.

d. Tahap Implementasi

Tahap implementasi merupakan tahapan untuk merealisasikan alternatif solusi yang telah dipilih pada tahap sebelumnya untuk mencapai target yang diinginkan. Implementasi berarti membuat suatu solusi yang direkomendasikan bisa bekerja untuk mengatasi masalah.

2.3.3 Metode-Metode dalam DSS

Metode dalam DSS bisa dibagi menjadi 2 yaitu Metode Pemetaan Gap dan Metode Pembobotan. Pada Metode Pemetaan Gap atau juga disebut Analisa Pencocokan Profil (*Profile matching analysis*). Dimana metode ini melihat gap antara profil suatu hal dengan profil seseorang, misalnya melihat gap antara profil jabatan dan profil karyawan, melihat gap antara profil jurusan dan profil siswa. Semakin kecil gap antara kedua profil semakin tinggi tingkat kecocokan antara kedua profil

tersebut. Sedangkan Metode Pembobotan berdasarkan pembobotan kriteria, dimana nilai bobot ini menyatakan seberapa tingkat kepentingan masing masing kriteria tersebut berdasarkan penilaian bisa ukuran-ukuran, aturan-aturan, standar dan pengalaman pengambil keputusan. Metode pembobotan dalam DSS bisa juga disebut *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM).

Pemakaian Metode-metoda MCDM dalam Energi Terbarukan sudah banyak dilakukan dari pemilihan lokasi, teknologi dan *energy sourcenya* [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26]

Ada sekitar 36 model MCDM dan berikut Beberapa contohnya :

1. *Multi Factor Evaluation Process* (MFEP),
 2. *Simple Multi Attribute Rating Teknologi* (SMART)
 3. Metode Perbandingan *Exponensial* (MPE)
 4. *Simple Additive Wighting* (SAW),
 5. *Weighted Product Model* (WPM),
 6. *Analitychal Hierarchy Process* (AHP) dll.
- Multi Factor Evaluation Process (MFEP)

Metode *Multi Factor Evalution Process* (MFEP) merupakan salah satu metode kuantitatif yang menggunakan sistem pembobotan dalam pengambilan keputusan. Pada metode MFEP ini pengambil keputusan akan menimbang faktor-faktor yang mempunyai pengaruh penting terhadap alternatif pilihan secara subjektif dan intuitif. Dalam metode MFEP seluruh kriteria yang menjadi faktor penting dalam melakukan pertimbangan diberi pembobotan (*weighting*) yang sesuai, demikian

juga setiap alternatif akan diberi nilai terhadap faktor-faktor penting yang ada, yang kemudian akan dilakukan evaluasi setiap alternatif berkaitan dengan faktor-faktor pertimbangan tersebut. Alternatif yang memperoleh nilai evaluasi tertinggi adalah solusi terbaik berdasarkan faktor-faktor penting yang telah dipilih. [27]

Adapun langkah-langkah metode MFEP adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan faktor/ kriteria dan bobot faktor/ kriteria. Faktor/ kriteria diurutkan berdasarkan tingkatan kepentingannya, mulai dari yang terpenting, kedua terpenting, dan seterusnya. Setiap faktor/ kriteria diberi pembobotan (*weighting*) dimana total pembobotan harus sama dengan 1 ($\sum \text{pembobotan} = 1$), yaitu *factor weight*.
- 2) Memberikan bobot untuk masing-masing alternatif terhadap faktor/ kriteria yang telah ditentukan. Mengisikan nilai untuk masing-masing alternatif untuk setiap faktor/ kriteria yang mempengaruhi dalam pengambilan keputusan dari data-data yang akan diproses, nilai yang dimasukkan dalam proses pengambilan keputusan merupakan nilai objektif, yaitu sudah pasti yaitu evaluasi faktor.
- 3) Proses perhitungan bobot evaluasi (*weight evaluation*) untuk setiap kriteria yang merupakan proses perkalian antara faktor *weight* dan faktor *evaluation*

$$BE = BF * EF$$

Keterangan:

BE: Bobot Evaluasi

BF: bobot Faktor

EF: Evaluasi Faktor

Hasil penjumlahan bobot evaluasi untuk masing-masing faktor/ kriteria akan menghasilkan total bobot evaluasi dan semakin besar nilai total bobot evaluasi suatu faktor/ kriteria maka alternatif tersebut adalah alternatif terbaik.

$$TBE = \sum_{j=1}^n BE_n$$

Keterangan:

TBE: Total Bobot Evaluasi

BE: Bobot Evaluasi

n: Banyaknya faktor

- *Simple Multi Attribute Rating Teknologi (SMART)*

SMART (*Simple Multi Attribute Rating Technique*) merupakan metode pengambilan keputusan yang multi atribut yang dikembangkan oleh Edward pada tahun 1977. Teknik pembuatan keputusan multi atribut ini digunakan untuk mendukung pembuat keputusan dalam memilih antara beberapa alternatif. Setiap pembuat keputusan harus memilih sebuah alternatif yang sesuai dengan tujuan yang telah dirumuskan. Setiap alternatif terdiri dari sekumpulan atribut dan setiap atribut mempunyai nilai-nilai. Nilai ini di rata-rata dengan skala tertentu.

Adapun algoritma penyelesaian dari metode SMART (*Simple Multi Attribute Rating Technique*) yaitu sebagai berikut:

1. Langkah 1: Menentukan jumlah kriteria dari keputusan yang akan di ambil
2. Langkah 2: Sistem secara *default* memberikan nilai 0-100 berdasarkan prioritas dengan melakukan normalisasi ($W_j / \sum W_j$)
3. Langkah 3: Memberikan nilai kriteria untuk setiap alternatif
4. Langkah 4: menghitung nilai *utility* untuk setiap kriteria masing-masing

$$U_i(a_i) = 100 \frac{(C_{max} - C_{out\ i})}{(C_{max} - C_{min})} \%$$

Keterangan:

$U_i(a_i)$ = nilai utility kriteria ke-1 untuk kriteria ke-i

C_{max} = nilai kriteria maksimal

C_{min} = nilai kriteria minimal

$C_{out\ i}$ = nilai kriteria ke-i

5. Langkah 5 : Menghitung nilai akhir dan melakukan Perangkingan

- *Metode Perbandingan Exponensial (MPE)*

Dengan perhitungan secara *exponential*, perbedaan nilai antar kriteria dapat dibedakan tergantung kepada kemampuan orang yang menilai. Dalam penghitungan skor, formulasi untuk setiap alternatif pada metode MPE[28] :

$$Total\ Nilai\ (TN_i) = \sum_{j=1}^m (RK_{ij})^{TKK_j}$$

TN_i = total nilai akhir alternatif ke i

Rk_{ij} = derajat kepentingan kriteria relatif ke j pada alternatif ke i

TKK_j = derajat kepentingan kriteria relatif ke j, $TKK_j > 0$

i = jumlah alternatif (i =1,2,....., n)

j = jumlah kriteria (j =1,2,....., n)

- *Simple Additive Wighting (SAW)*

Dalam metode SAW ini memerlukan proses normalisasi matriks keputusan (x) pada suatu skala yang bisa dibandingkan dengan semua rating yang ada, seperti yang dapat dilihat pada persamaan dibawah ini [29]:

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}} \\ \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}} \end{cases}$$

Keterangan:

r_{ij} = nilai rating kinerja yang ternormalisasi

x_{ij} = nilai atribut yang dimiliki oleh setiap kriteria Max

x_{ij} = nilai terbesar yang dimiliki oleh setiap kriteria Min

x_{ij} = nilai terkecil yang dimiliki oleh setiap kriteria

Dimana r_{ij} yaitu rating kinerja yang ternormalisasi dari alternatif A_i pada atribut C_j ; $i = 1, 2, 3, \dots, m$ dan $j = 1, 2, 3, \dots, n$.

Dalam penentuan nilai preferensi di setiap alternatif (V_i) digunakan persamaan 2 berikut ini:

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}$$

Keterangan:

V_i = peringkat untuk setiap alternatif

W_j = nilai bobot untuk setiap alternatif

r_{ij} = nilai rating kinerja yang ternormalisasi

- *Weighted Product Model (WPM)*

Metode *Weighted Product (WP)* merupakan metode pengambilan keputusan dengan cara perkalian untuk menghubungkan rating atribut, dimana rating setiap atribut harus dipangkatkan dulu dengan bobot atribut yang bersangkutan.[30]

Langkah-langkah dalam menggunakan metode *weighted product* adalah:

1. Menentukan kriteria-kriteria yang akan dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan.
2. Menentukan rating kecocokan setiap alternatif pada setiap kriteria
3. Menentukan bobot preferensi tiap kriteria.

4. Menghitung perbaikan bobot dari setiap kriteria dengan rumus persamaan

$$W_j = \frac{w_j}{\sum w_j}$$

5. Menghitung vektor S dari setiap alternatif

$$S_i = \prod_{j=1}^n (x_{ij})^{w_j}$$

Dimana:

S = menyatakan prefensi alternatif dianalogikan sebagai vektor S

X = menyatakan nilai kriteria

W = menyatakan nilai bobot

i = menyatakan alternative

j = menyatakan kriteria

n = menyatakan banyaknya kriteria $\sum W_j = 1$

6. Menghitung vektor V dari setiap alternatif

$$V_i = \frac{\prod_{j=1}^n (x_{ij})^{w_j}}{\prod_{j=1}^n (x_j^*)^{w_j}}$$

Dimana:

V = menyatakan prefensi alternatif dianalogikan sebagai vektor V

X = menyatakan nilai kriteria

W = menyatakan bobot kriteria

i = menyatakan alternative

j = menyatakan kriteria

n = menyatakan banyaknya kriteria

7. Menentukan nilai vektor V alternatif tertinggi

2.3.4 Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)

Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) adalah sebuah teknik atau metode yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada tahun 1970-an untuk membantu dalam pengambilan keputusan yang kompleks. AHP digunakan untuk mengatasi

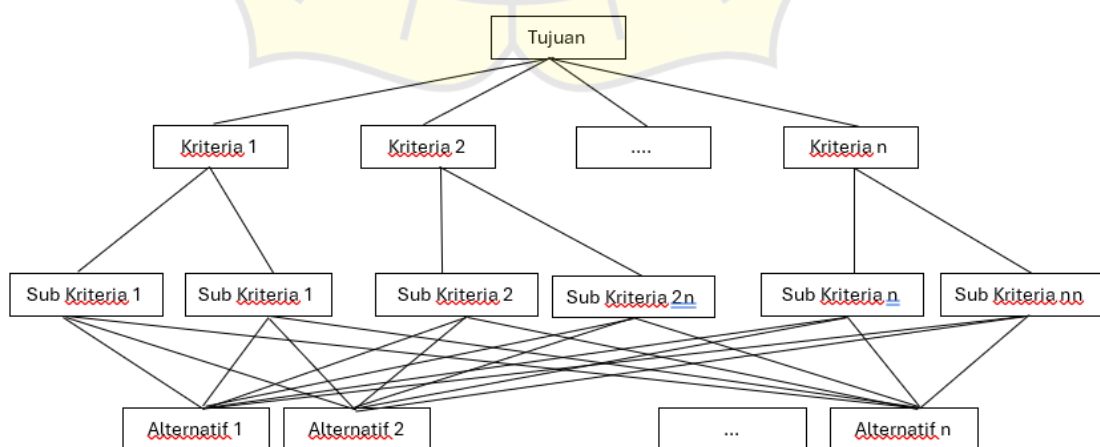
masalah pengambilan keputusan yang melibatkan banyak kriteria dan alternatif dengan cara memecahnya ke dalam struktur hirarki yang terdiri dari beberapa tingkatan.[31]

Metode AHP digunakan luas dalam berbagai bidang, termasuk bisnis, teknik, kesehatan, dan kebijakan publik, di mana keputusan kompleks melibatkan banyak kriteria dan alternatif. Ini menyediakan kerangka kerja terstruktur untuk mengelola penilaian dan preferensi subjektif secara sistematis.

Dalam metode AHP terdapat 4 prinsip penting yang harus dipahami yaitu dekomposisi, perbandingan berpasangan, sistesis prioritas dan konsistensi logis.

1. Dekomposisi

Permasalahan multi kriteria dalam AHP disederhanakan dalam bentuk hirarki yang terdiri dari 3 komponen utama yaitu tujuan, kriteria dan alternatif pilihan. Proses penyederhanaan dari permasalahan yang kompleks menjadi bentuk hirarki ini dinamakan dekomposisi. Hirarki yang dimaksudkan dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2-11 Hirarki dalam AHP

Tingkatan paling atas dari hirarki adalah tujuan dari penyelesaian masalah dan hanya ada satu elemen, tingkatan berikutnya adalah kriteria dan tingkatan berikutnya lagi adalah alternatif penyelesaian masalah. Inilah salah satu kelebihan dari metode AHP ini yaitu dapat mewakili pemikiran alamiah manusia yang cenderung mengelompokkan elemen sistem ke dalam tingkatan-tingkatan dimana masing-masing tingkatan berisi elemen yang setara.

2. Perbandingan berpasangan

Inti dari AHP adalah melakukan perbandingan berpasangan menggunakan tabel skala perbandingan Saaty. Panduan untuk melakukan perbandingan berpasangan dapat menggunakan tabel berikut ini :

Tabel 2-1 Skala Fundamental untuk Perbandingan Berpasangan

Intensitas dari kepentingan pada skala absoulut	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen yang sama pentingnya (<i>Equal importance</i>)	Dua elemen dengan pengaruh yang sama besar dalam pengambilan keputusan
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen yang lainnya (<i>Weak importance of one over another</i>)	Pengalaman dan penilaian menyatakan bahwa satu elemen sedikit lebih berperan dibandingkan elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting dari pada yang lainnya (<i>Essential or strong importance</i>)	Pengalaman dan penilaian menyatakan bahwa satu elemen sangat berperan dibandingkan elemen yang lainnya
7	Satu elemen jelas mutlak lebih penting dari pada elemen lainnya (<i>Demonstrated importance</i>)	Satu elemen sangat berperan dan dominan terlihat dalam prakter
9	Satu elemen mutlak penting dari pada elemen lainnya (<i>Extreme importance</i>)	Bukti yang mendukung satu elemen berada pada urutan tertinggi
2, 4, 6, 8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan, Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi di antara 2 pilihan	
Berbalikan	Jika untuk aktivitas i mendapat satu angka dibanding dengan aktivitas j, maka j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i.	

Perbandingan dilakukan berdasarkan tingkat kepentingan relatif antara dua kriteria atau dua alternatif berdasarkan pada penilaian pengambilan keputusan. Penilaian ini menggunakan skala angka dan menghasilkan matriks dalam bentuk *matriks pairwise comparisons* yaitu matriks perbandingan berpasangan memuat tingkat preferensi beberapa alternatif untuk tiap kriteria. Perbandingan berpasangan dalam bentuk matriks jika dikombinasikan akan menghasilkan sebuah prioritas.

3. Sintesis Prioritas (*Synthesis of Priority*)

Setiap kriteria yang telah ditentukan akan memiliki kontribusi terhadap pencapaian tujuan penyelesaian masalah. Dalam metode AHP setiap kriteria ditentukan besaran kontribusinya.

4. Konsistensi logis (*Logical Consistency*)

Dalam AHP, konsistensi logis merupakan hal yang penting.

Tabel 2-2 Daftar Random Indeks Konsistensi

Ukuran Matriks (n)	Nilai IR (Indeks Random)
1.2	0.00
3	0.58
4	0.90
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

Pada proses pengambilan keputusan, sangat penting untuk mengetahui seberapa baik konsistensi yang ada. Metode AHP mempertimbangkan suatu nilai konsistensi yang logis dalam penilaian yang digunakan untuk menentukan suatu prioritas.

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

n = banyaknya kriteria

CI = Indeks Konsistensi (*Consistency Index*)

$$CR = \frac{CI}{IR} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

CR = Rasio Konsistensi

IR = Indek Rasio (nilai indek rasio tergantung pada ukuran matriks)

Rasio konsistensi yang dihasilkan harus kurang dari 10%, jika nilai konsistensi melebihi 10% maka data yang diberikan oleh pengambil keputusan harus diperbaiki lagi.

- **Keuntungan Metode AHP**

Analytic hierarchy process atau AHP merupakan algoritma pengambilan keputusan untuk permasalahan multikriteria (*Multi Criteria Decision Making* atau MCDM) yang dikembangkan oleh Saaty. Permasalahan multi kriteria dalam AHP dapat digambarkan dalam bentuk hierarki yang terdiri dari tiga bagian utama yakni tujuan atau goal dari pengambilan keputusan, kriteria penilaian dan alternatif pilihan. Adapun gambar dari hierarki tersebut digambarkan dalam gambar terlampir.

Menurut Saaty (1991, p25) keuntungan metode AHP yaitu:

- a. Kesatuan

AHP memberikan suatu model tunggal yang mudah dimengerti dan luwe untuk aneka ragam persoalan tak terstruktur.

- b. Kompleksitas

AHP memadukan rancangan deduktif dan rancangan berdasarkan system dalam memecahkan persoalan kompleks.

- c. Saling Ketergantungan

AHP dapat saling menangani ketergantungan elemen-elemen dalam suatu sistem dan tidak memaksakan pemikiran linier.

d. Penyusunan Hirarki

AHP mencerminkan kecendrungan alami pikiran untuk memilah-milah elemen suatu sistem dalam berbagai tingkat berlainan dan mengelompokkan struktur yang serupa dalam setiap tingkat.

e. Pengukuran

AHP memberikan suatu skala untuk mengukur hal-hal terwujud suatu metode untuk menetapkan prioritas.

f. Konsistensi

AHP melacak konsistensi logis dari pertimbangan-pertimbangan yang digunakan dalam menetapkan berbagai prioritas.

g. Sintesis

AHP menuntuk ke suatu taksiran menyeluruh tentang kebaikan setiap alternatif.

h. Tawar Menawar

AHP mempertimbangkan prioritas-prioritas relatif dari berbagai faktor sistem dan memungkinkan orang memilih alternatif terbaik sesuai tujuan yang hendak dicapai.

i. Penilaian dan Konsensus

AHP tidak memaksa konsensus tetapi mensistensi suatu hasil yang representif dari berbagai penilaian yang berbeda-beda.

j. Pengulangan Proses

AHP memungkinkan orang memperluas definisi mereka pada suatu persoalan dan memperbaiki pertimbangan dan pengertian mereka melalui pengulangan.

2.3.5 Expert Choice

Software atau perangkat lunak yang penulis gunakan dalam pengambilan keputusan berdasarkan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah *Expert Choice* adalah sebuah perangkat lunak yang mendukung *collaborative decision* dan sistem perangkat keras yang memfasilitasi grup membuat keputusan yang lebih efisien, analitis, dan yang dapat dibenarkan. Memungkinkan interaksi *real-time* dari tim manajemen untuk mencapai *consensus on decisions*.

Aplikasi Area *Expert Choice* meliputi:

- a. *Resource Allocation* (Alokasi sumber daya)
- b. *Vendor Selection* (Vendor seleksi)
- c. *Strategic Planning* (Perencanaan strategi)
- d. *HR Management* (Manajemen SDM)
- e. *Risk Assessment*
- f. *Project Management* (manajemen proyek)
- g. *Benefit/Cost Analysis* (Manfaat/biaya analisis)

Beberapa kelebihan atau keunggulan *Software Expert Choice* diantaranya:

a. Data Interchange Mapping, Importing and Exporting

Integrasi dengan eksternal *Microsoft Access* atau database *SQL Server* menyediakan konektivitas efisien, dan pelaporan *capture data*, dan mengurangi waktu entri data dan kesalahan

b. Multiple Models

Kemampuan untuk membuka beberapa model dengan mudah dan secara mudah memindah atau menghapus data dari satu model ke model lain, memudahkan proses pembuatan dan memungkinkan pengguna untuk berjalan *side by side* scenario untuk *expedited* analisis dan pengambilan keputusan.

c. Support for Microsoft SQL Models

Mengkonversi atau membuat model *SQL* dan menghubungkan ke database *SQL* perusahaan yang meningkatkan integrasi, lebih cepat dalam perhitungan model, model yang lebih besar, dan metode mencari dan menerima yang lebih baik.

d. User Friendly Interface

Memungkinkan pengguna untuk melihat informasi dokumen saat melakukan *judgment* dari data *grid*.

e. Enhanced Reporting

Fungsi baru eksternal untuk mengedit, menciptakan hubungan dengan data perusahaan, melihat data, dan menghilangkan ketidak konsistenan menyediakan fleksibilitas yang lebih besar dan hasil yang lebih baik secara keseluruhan.

f. Expert Choice Update

Mudah untuk meng-*update software* secara *online* menjamin pelanggan dapat mengakses perangkat lunak terbaru.

