

SKRIPSI

**STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS
APLIKASI *GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM* (GIS)
STUDI KASUS : KABUPATEN BONE**

OLEH :

**FADLI ALFIANSYAH
D411 16 314**

*Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan untuk Menyelesaikan Program Strata-I
Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar*



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS
APLIKASI *GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM* (GIS) STUDI KASUS :
KABUPATEN BONE**

Disusun dan diajukan oleh :


**FADLI ALFIANSYAH
D411 16 314**


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 2 Juni 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Ir. Gassing, MT

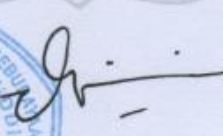

Yusri Syam Akil, ST., MT., Ph.D.

NIP. 19600720 198702 1 001

NIP. 19770322 200501 1 001

Ketua Program Studi




Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.
NIP. 19691026 199412 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fadli Alfiansyah
NIM : D41116314
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA
BERBASIS APLIKASI *GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM* (GIS)
STUDI KASUS : KABUPATEN BONE**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 2 Juni 2021

nyatakan

Fadli Alfiansyah

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Aplikasi *Geographic Information System* (Gis) Studi Kasus : Kabupaten Bone”**.

Tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan studi strata satu pada Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak luput dari hambatan dan rintangan. Namun berkat bantuan dan bimbingan secara moril maupun materi dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Oleh karena itu, dengan segala hormat perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Ir. Gassing, MT dan bapak Yusri Syam Akil, ST, MT, Ph.D selaku pembimbing I dan II yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, dan saran selama proses dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Sri Mawar Said, MT dan bapak Dr. Ir. Yustinus Upa Sombolayuk, MT selaku penguji yang telah memberikan kritikan dan saran guna perbaikan tugas akhir ini.
3. Pada Dosen dan Staff Teknik Elektro Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat berharga selama penulis mengikuti pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

4. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT selaku Ketua Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Prof. Dr. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch., Ph.D. selaku Wakil Dekan I Bidang Akademik, Riset dan Inovasi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Palubuhu M.A selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
6. Kedua orang tua penulis, Alimuddin., S.Pd, Muhayang., S.Ag, saudara dan seluruh keluarga atas dukungan, doa, bantuan dan motivasinya.
7. Untuk Zamzani yang telah memberi saya inspirasi dan banyak motivasi dalam mengerjakan tugas akhir ini.
8. Pada semua guru saya dari TK, SD, SMP dan SMA.
9. Seluruh teman-teman EXCITER 16 dan SODARA 16 yang telah memberikan bantuan, semangat dan motivasi.
10. Semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bantuan sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
ABSTRAK	1
ABSTRACT	2
BAB I PENDAHULUAN	3
1.1 Latar Belakang	3
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah.....	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Energi Terbarukan.....	9
2.2 Energi Surya.....	10
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	12
2.4 Cara kerja PLTS	13
2.5 Jenis Sistem PLTS.....	16
2.5.1 <i>Stand Alone Photovoltaic</i>	16
2.5.2 <i>Grid Connected Photovoltaic System</i>	16
2.5.3 <i>Gris Connected Photovoltaic System With Battery Backup</i>	17
2.5.4 <i>Hybrid Photovoltaic System</i>	18
2.6 Kelebihan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	20

2.7 Sistem Informasi Geografis	21
2.8 Komponen-komponen GIS.....	21
2.9 Peta Digital.....	23
2.10 Google Earth	23
2.11 <i>Global Positioning System (GPS)</i>	24
2.12 Metode Skoring dan Pembobotan.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	26
3.2 Teknik Pengumpulan Data	26
3.3 Alat dan Instrumen Penelitian	27
3.4 Metode Penelitian.....	27
3.5 Jenis dan sumber data.....	28
3.6 Prosedur Penelitian.....	28
3.7 Simulasi ArcGis	30
3.7 Penetapan Batas Lokasi Penelitian	31
3.8 Kriteria dan Parameter Pemilihan lokasi	33
3.8.1 Parameter Intensitas Cahaya Matahari	33
3.8.2 Parameter suhu / temperatur	33
3.8.3 Parameter Kawasan hutan/penggunaan lahan.....	34
3.8.4 Parameter Permukiman dan Kepadatan Penduduk	36
3.9 Tahap skoring dan pembobotan.....	37
3.9.1 Pembobotan.....	37
3.9.2 Pemberian skor.....	38
3.10 Diagram Alir Penelitian.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Kondisi Geografis Lokasi Penelitian	41
4.1.1 Profil Lokasi Penelitian	41
4.1.2 Potensi Matahari Kabupaten Bone	44
4.1.3 Kondisi Suhu/Temperatur Kabupaten Bone	45
4.2 Analisis Data dan Peta Parameter Tiap Kecamatan di Kabupaten Bone.....	46
4.2.1 Parameter Intensitas Cahaya Matahari	46
4.2.2 Parameter Suhu	50

4.2.3 Parameter Kawasan Hutan / Penggunaan Lahan	54
4.2.4 Parameter permukiman dan Kepadatan Penduduk	57
4.2.5 Penarikan Kesimpulan Lokasi Terbaik Kabupaten Bone.....	61
4.2.6 Profil Lokasi terbaik.....	63
4.2.7 Penentuan lokasi pembangunan PLTS di Kecamatan Kajuara	64
4.3 Menghitung Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Lokasi Terbaik.....	66
4.3.1 Menghitung <i>Area Array</i> (PV Area)	67
4.3.2 Menghitung Daya Yang Dibangkitkan PLTS (Watt peak)	68
4.3.3 Menentukan Jumlah Charge Controller	69
4.3.4 Menentukan Jumlah Baterai	70
4.3.5 Menentukan Kapasitas Inverter	71
BAB V.....	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema PLTS.....	16
Gambar 3.1 Kotak dialog ArcMap jika sudah memiliki file yang tersimpan didalam.....	30
Gambar 3.2 Kotak dialog kosong pada ArcMap.....	31
Gambar 3.3 Kotak dialog add data.....	31
Gambar 3.4 Pemilihan Menu properties.....	32
Gambar 3.5 Kontak dialog properties	32
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	40
Gambar 4. 1 Peta wilayah penelitian Kabupaten Bone.....	42
Gambar 4. 2 Peta Rata-rata Intensitas Cahaya Matahari Tahun 2020.....	47
Gambar 4. 3 Suhu rata-rata Kabupaten Bone tahun 2020.....	51
Gambar 4. 4 Peta kawasan hutan Kabupaten Bone	54
Gambar 4. 5 Peta permukiman dan kepadatan penduduk Kabupaten Bone.....	58
Gambar 4. 6 Kecamatan dengan lokasi terbaik	63
Gambar 4. 7 Peta lokasi strategis Desa Padaelo dusun Padaelo Kecamatan Kajuara	65
Gambar 4. 8 Citra satelit Desa Padaelo dusun Padaelo	65

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Potensi suhu/temperatur PLTS	34
Tabel 3. 2 Potensi kawasan hutan/penggunaan lahan	36
Tabel 3. 3 Potensi permukiman dan kepadatan penduduk.....	37
Tabel 3. 4 Pembobotan tiap parameter	37
Tabel 3. 5 Skor intensitas cahaya	38
Tabel 3. 6 Skor temperatur suhu	38
Tabel 3. 7 Skor kawasan hutan/penggunaan lahan	39
Tabel 3. 8 Skor Pemukiman dan Kepadatan Penduduk	39
Tabel 4. 1 Jumlah Kecamatan, Desa dan Kelurahan Kabupaten Bone tahun 2019.....	43
Tabel 4. 2 Rata-rata intensitas cahaya matahari Kabupaten Bone tahun 2020.....	48
Tabel 4. 3 Skoring Intensitas Cahaya Matahari Kabupaten Bone.....	49
Tabel 4. 4 Kondisi suhu rata-rata Kabupaten Bone tahun 2020	51
Tabel 4. 5 Skoring kondisi suhu Kabupaten Bone.....	53
Tabel 4. 6 Kawasan hutan Kabupaten Bone.....	55
Tabel 4. 7 Skoring kawasan hutan Kabupaten Bone	56
Tabel 4. 8 Permukiman dan kepadatan penduduk	58
Tabel 4. 9 Skoring permukiman/kepadatan penduduk Kabupaten Bone	60
Tabel 4. 10 Informasi total jumlah skoring setiap parameter.....	61

ABSTRAK

Pencarian salah satu bentuk energi alternatif dalam rangka penghematan energi sedang dikembangkan. Indonesia merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa menyebabkan energi surya menjadi salah satu energi yang potensial untuk dikembangkan. Dengan adanya aplikasi *Geographic Information System* (GIS) mendapatkan kandidat lokasi terbaik yang berpotensi untuk pembangunan pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tanpa harus ke lapangan secara langsung untuk mencari potensi tersebut. Adapun analisis yang digunakan untuk menentukan lokasi terbaik adalah dengan metode skoring dan pembobotan. Di mana dalam penelitian ini akan menghasilkan suatu sistem informasi geografis yang akan menggambarkan sebuah peta tematik dan peta citra satelit untuk penentuan lokasi terbaik pada pembangunan PLTS yang berada di kecamatan Kajuara dengan memilih dan mengambil sampel di dusun Padaelo desa Padaelo. Potensi PLTS ini Berdasarkan hasil analisis, besar daya keluaran yang dibangkitkan sebesar 219.493 kWh/tahun, panel surya sebanyak 510 buah, Inverter 18 unit, baterai sebanyak 236 unit dan charge controller sebanyak 15 buah.

Kata Kunci : GIS, Energi surya, PLTS, Skoring dan Pembobotan

ABSTRACT

The search for a form of alternative energy in order to save energy is being developed. Indonesia is a country located on the equator, causing solar energy to become one of the potential energies to be developed. With the application of the geographical Information System (GIS), we get the best potential location candidates for the construction of a Solar Power Plant (PLTS) without having to go to the field directly to look for this potential. The analysis used to determine the best location is the scoring and weighting method. Where in this study will produce a geographic information system that will describe a thematic map and satellite image maps for determining the best location for the PLTS development in Kajuara sub-district by selecting and taking samples in Padaelo, Padaelo village. This PLTS potential based on the results of the analysis, the amount of output raised was 219,493 / year, solar panels as big as 510 pieces, Inverter 18 units, battery 236 units and charge controller as many as 15 pieces.

Keywords : GIS, Solar Energy, PLTS, Scoring and weighting

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lingkungan dan ekonomi merupakan alasan dibalik dorongan yang cepat akan pemanfaatan energi terbarukan diseluruh dunia. Selain untuk mengatasi hambatan secara ekonomi dan komersial, pemanfaatan sumber energi terbarukan sesuai dengan tujuan atau goal yang ditetapkan oleh sebagian Negara yang ingin memaksimalkan potensi energi terbarukan di wilayahnya dengan biaya yang murah. Energi listrik merupakan salah satu energi primer yang tidak dapat dilepaskan penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari, baik disektor rumah tangga, instansi pemerintah maupun industri. Semakin meningkatnya jumlah penduduk dan bertambahnya penggunaan peralatan-peralatan yang menggunakan listrik mengakibatkan kebutuhan energi listrik meningkat pesat.

Peningkatan konsumsi energi listrik setiap tahunnya diperkirakan terus bertambah, Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN (Persero) tahun 2010-2019 menyebutkan, kebutuhan listrik diperkirakan mencapai 55.000 MW, jadi rata-rata peningkatan kebutuhan listrik pertahun adalah 5.500 MW, dari total daya tersebut , sebanyak 32.000 MW (57%) dibangun sendiri oleh PLN, sedangkan sisanya yakni 23.500 MW akan dipenuhi oleh pengembang listrik swasta.

Listrik sudah menjadi kebutuhan primer dalam kehidupan sehari-hari, namun hingga saat ini penyebaran listrik masih belum merata di Indonesia. Masih banyak desa-desa yang belum terjangkau aliran listrik. Pengadaan energi listrik di

Indonesia terutama di daerah terpencil, sering kali tidak tersentuh dan bahkan sama sekali belum terjangkau oleh jaringan listrik. Hal ini disebabkan oleh semakin meningkatnya kebutuhan beban listrik di daerah perkotaan yang tidak diimbangi dengan pembangunan fasilitas pembangkit listrik yang baru. Proyek pembangunan pembangkit listrik oleh PLN sebesar 10.000 MW yang hanya terfokus di pulau Jawa, membuat kebutuhan listrik di daerah luar pulau Jawa seperti Sulawesi, belum secara signifikan diperhatikan sehingga keandalan penyediaan energi listrik di Sulawesi sangatlah kurang. Sehingga makin banyak daerah-daerah terpencil di pelosok-pelosok Sulawesi yang belum terjangkau oleh jaringan listrik.

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia yang terdiri dari sekitar 17.500 pulau. Jumlah penduduk Indonesia adalah sekitar 220 juta jiwa dimana 60% dari penduduk bertempat tinggal di daerah pedesaan. Namun upaya untuk melistriki daerah pedesaan menggunakan jaringan listrik PLN mengalami kendala yang cukup besar. Secara geografis, Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah ekuator tepatnya berada pada 11° LS- 6° LU dan 95° BT- 141° BB. Indonesia memiliki iklim tropis yang hanya mempunyai 2 musim sepanjang tahunnya yaitu musim kering (kemarau) dan musim basah (hujan). Letak geografis Indonesia yang berada di ekuator menyebabkan Indonesia adalah salah satu daerah yang memiliki nilai surplus sinar matahari karena mendapat sinar matahari sepanjang tahun. Berbeda halnya dengan negara-negara di Benua Eropa yang mempunyai 4 musim. Hal ini disebabkan oleh perjalanan semu matahari yang seakan-akan bergerak ke utara dan selatan bumi membentuk lintasan *sinusoidal*

(mempunyai puncak dan lembah) sehingga daerah ekuator mempunyai radiasi matahari rata-rata yang tinggi sepanjang tahun.

Indonesia merupakan daerah surplus radiasi matahari, maka energi surya diyakini sangat potensial untuk dikembangkan. Dalam hal ini, energi surya merupakan alternatif energi terbarukan yang mampu menjadi salah satu solusi untuk menjadi pengganti energi fosil. Selain itu, energi surya juga adalah salah satu sumber energi bersih yang memberikan dampak negatif minimal bagi lingkungan. Diproyeksikan di masa yang akan datang, energi surya akan menjadi salah satu energi yang dapat mengakomodir kebutuhan manusia dan paling banyak digunakan di banyak negara termasuk Indonesia. Akan tetapi, Saat ini belum tersedia data kinerja dilapangan dari pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang dapat membuktikan bahwa spesifikasi PLTS sudah memadai.

Misalnya di daerah Sulawesi Selatan tepatnya di Kabupaten Bone masih terdapat wilayah atau pedesaan yang belum dapat menikmati fasilitas dari Negara berupa sambungan jaringan listrik dari PLN. Karena medan yang sulit dan juga merupakan daerah pegunungan menjadi salah satu penyebab belum masuknya sistem kelistrikan didaerah tersebut. Namun secara geografis memiliki potensi energi surya yang cukup mumpuni yaitu penyinaran sekitar $5,1 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ dengan variasi bulanan sekitar 9%. Tentunya hal ini perlu dimanfaatkan dengan baik dengan percepatan pembangunan pembangkit listrik tenaga surya di wilayah yang berpotensi di Kabupaten Bone.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan kelayakan lokasi dan perhitungan potensi PLTS adalah dengan menggunakan Geographic

Information System (GIS). GIS merupakan sistem informasi yang telah dirancang untuk bekerja secara parsial yang dimana sudah terdapat data-data kebumihantukan untuk memudahkan dalam menentukan titik-titik koordinat Geografi terhadap suatu lokasi. Dalam penelitian ini akan menghasilkan suatu sistem informasi geografis yang mampu menggambarkan sebuah pemetaan lokasi untuk sumber energi matahari atau PLTS dan dapat menjadi rekomendasi pembangunan pembangkit listrik tenaga surya di wilayah tersebut.

Berdasarkan permasalahan di atas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “*Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Aplikasi Geographic Information System (GIS) Studi Kasus : Kabupaten Bone*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan lokasi terbaik untuk pembangunan PLTS di kabupaten Bone dengan menggunakan GIS ?
2. Bagaimana menghitung potensi PLTS berbasis sistem GIS di Kabupaten Bone ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Menentukan lokasi terbaik untuk pembangunan PLTS berbasis GIS di kabupaten Bone.

2. Menghitung potensi PLTS berbasis *GIS* di kabupaten Bone.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Objek tempat penelitian dilakukan di kabupaten Bone.
2. Untuk menentukan lokasi terbaik dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga surya menggunakan GIS.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memudahkan PLN ataupun pemerintah setempat ketika akan dilakukan pembangunan PLTS di kabupaten Bone.
2. Untuk mengembangkan PLTS sebagai alternatif energi terbarukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini disusun berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang penguraian secara singkat latar belakang, tujuan, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi penjelasan tentang teori mengenai pembangkit listrik tenaga surya, dan juga pengenalan mengenai aplikasi GIS.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metode dan langkah-langkah yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan tentang bagaimana aplikasi GIS sebagai sistem informasi dalam menentukan lokasi terbaik untuk pembangunan PLTS di Kabupaten Bone.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dari pembahasan permasalahan dan saran-saran untuk perbaiki jika ada kesalahan demi penyempurnaan laporan ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Terbarukan

Indonesia memiliki banyak potensi energi terbarukan, seperti tenaga air (termasuk minihidro), panas bumi, biomasa, angin dan surya (matahari) yang bersih dan ramah lingkungan, tetapi pemanfaatannya belum optimal. Belum optimalnya pemanfaatan energi terbarukan disebabkan biaya pembangkitan pembangkit listrik energi terbarukan, seperti tenaga surya, tidak dapat bersaing dengan biaya pembangkitan pembangkit listrik berbahan bakar energi fosil (bahan bakar minyak, gas bumi, dan batubara) [1].

Indonesia merupakan negara yang terletak di garis katulistiwa, sehingga Indonesia mempunyai sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata-rata sekitar 4.8 kWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia. Dengan berlimpahnya sumber energi surya yang belum dimanfaatkan secara optimal, sedangkan di sisi lain ada sebagian wilayah Indonesia yang belum teraliri listrik karena tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN. PLTS dengan sistemnya yang modular dan mudah dipindahkan merupakan salah satu solusi yang dapat dipertimbangkan sebagai salah satu pembangkit listrik alternatif. Sayangnya biaya pembangkitan PLTS masih lebih mahal apabila dibandingkan dengan biaya pembangkitan pembangkit listrik tenaga konvensional, karena sampai saat ini piranti utama untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik (modul fotovoltaik) masih merupakan piranti yang didatangkan dari luar negeri [1].

Meskipun pemanfaatan PLTS belum optimal, tetapi sudah cukup banyak dimanfaatkan pada perumahan atau sering disebut *Solar Home System* (SHS), pompa air, televisi, komunikasi, dan lemari pendingin di Puskesmas di beberapa wilayah Indonesia, khususnya di wilayah terpencil yang jauh dari jaringan listrik PLN. PLTS merupakan teknologi yang ramah lingkungan karena tidak melepaskan polutan seperti halnya pembangkit listrik tenaga fosil.

2.2 Energi Surya

Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia. Sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut: untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 10%; dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Dengan demikian, potensi penyinaran matahari rata-rata Indonesia sekitar 4,8 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9% [2].

Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 watt energi matahari per-meter persegi. Kurang dari 30 % energi tersebut dipantulkan kembali ke angkasa, 47% dikonversikan menjadi panas, 23 % digunakan untuk seluruh sirkulasi kerja yang terdapat di atas permukaan bumi, sebagian kecil 0,25 % ditampung angin, gelombang dan

arus dan masih ada bagian yang sangat kecil 0,025 % disimpan melalui proses fotosintesis di dalam tumbuh-tumbuhan yang akhirnya digunakan dalam proses pembentukan batu bara dan minyak bumi (bahan bakar fosil, proses fotosintesis yang memakan jutaan tahun) yang saat ini digunakan secara ekstensif dan eksploratif bukan hanya untuk bahan bakar tetapi juga untuk bahan pembuat plastik, formika, bahan sintesis lainnya. Sehingga bisa dikatakan bahwa sumber segala energi adalah energi surya [2].

Energi surya sangat luar biasa karena tidak bersifat polutif, tidak dapat habis, dapat dipercaya dan tidak membeli. Kekurangan dari energi surya ini adalah sangat halus dan tidak konstan. Arus energi surya yang rendah mengakibatkan dipakainya sistem dan kolektor yang luas permukaannya besar untuk mengumpulkan dan mengkonsentrasikan energi itu. Sistem kolektor ini berharga cukup mahal dan ada masalah lagi bahwa sistem-sistem di bumi tidak dapat diharapkan akan menerima persediaan yang terus menerus dari energi surya. Hal ini berarti diperlukan semacam sistem penyimpanan energi atau konversi lain diperlukan untuk menyimpan energi pada malam hari serta pada saat cuaca mendung [2].

Energi surya atau matahari telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksplotasi dengan tepat, energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama. Matahari dapat digunakan secara langsung untuk memproduksi listrik atau untuk memanaskan bahkan untuk mendinginkan. Potensi masa depan energi surya hanya dibatasi oleh keinginan kita untuk menangkap kesempatan [2].

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS merupakan pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi matahari. PLTS merupakan teknologi yang ramah lingkungan dan menggunakan bahan bakar terbarukan (matahari), dan lebih diminati karena dapat digunakan untuk keperluan apa saja dan di mana saja : bangunan besar, pabrik, perumahan, daerah terpencil dan lainnya. Selain persediaannya tanpa batas, tenaga surya nyaris tanpa dampak buruk terhadap lingkungan dibandingkan bahan bakar lainnya. Indonesia sendiri selain dikarenakan faktor-faktor yang disebutkan diatas, masih ada lagi faktor lain yang menyebabkan PLTS diminati di Indonesia. Seperti diketahui bersama bahwasanya Indonesia merupakan negara kepulauan yang luas dan perkembangan tiap daerah serta sumber daya alam yang tidak merata, sehingga PLTS merupakan salah satu alternatif yang diminati. Adanya faktor-faktor di atas mengakibatkan terciptanya daerah-daerah yang belum terlistriki dan sukar dijangkau untuk dilistriki oleh PLN, sehingga rasio elektrifikasi di Indonesia masih relatif rendah. Upaya untuk meningkatkan rasio elektrifikasi sudah dilakukan dengan banyaknya dibangun pembangkit-pembangkit baru, namun ternyata hal tersebut belum cukup dikarenakan luasnya wilayah Indonesia dan adanya daerah-daerah yang tidak mempunyai sumber daya alam serta sukar dijangkau [3].

PLTS menjadi salah satu solusi tepat untuk melistriki daerah-daerah yang tidak mempunyai sumber daya alam dan sukar dijangkau. Hal ini dikarenakan bahan baku dari PLTS adalah matahari yang mana di setiap

daerah pasti adanya, dikarenakan Indonesia merupakan daerah tropis, serta kelebihan lainnya adalah bahwa PLTS dapat mandiri (langsung pakai), dapat masuk ke grid (PLN) dan juga dapat berkolaborasi dengan pembangkit lainnya. Dengan dibangunnya pembangkit-pembangkit PLTS ini maka rasio elektrifitasnya akan meningkat semakin baik [3].

2.4 Cara kerja PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya konsepnya sederhana, yakni mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan di bandingkan dengan sebuah generator listrik, ada bagian yang berputar dan memerlukan bahan bakar untuk dapat menghasilkan listrik. Suaranya bising. Selain itu gas buang yang dihasilkan dapat menimbulkan efek gas rumah kaca (green house gas) yang pengaruhnya dapat merusak ekosistem planet bumi kita [3].

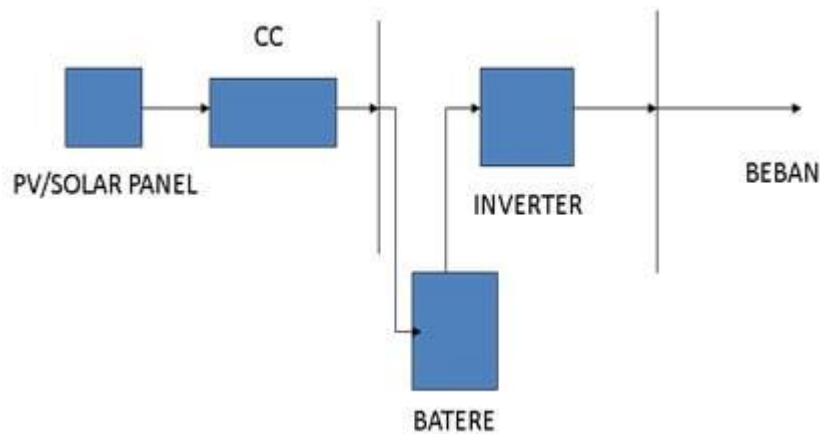
Sistem sel surya yang digunakan di permukaan bumi terdiri dari panel sel surya, rangkaian kontroler pengisian (charge controller), dan aki (batere) 12 volt yang maintenance free. Panel sel surya merupakan modul yang terdiri beberapa sel surya yang digabung dalam hubungan seri dan

paralel tergantung ukuran dan kapasitas yang diperlukan. Yang sering digunakan adalah modul sel surya 20 watt atau 30 watt. Modul sel surya itu menghasilkan energi listrik yang proporsional dengan luas permukaan panel yang terkena sinar matahari. Rangkaian kontroler pengisian aki dalam sistem sel surya itu merupakan rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian akinya. Kontroler ini dapat mengatur tegangan aki dalam selang tegangan 12 volt plus minus 10 persen. Bila tegangan turun sampai 10,8 volt, maka kontroler akan mengisi aki dengan panel surya sebagai sumber dayanya. Tentu saja proses pengisian itu akan terjadi bila berlangsung pada saat ada cahaya matahari. Jika penurunan tegangan itu terjadi pada malam hari, maka kontroler akan memutuskan pemasokan energi listrik. Setelah proses pengisian itu berlangsung selama beberapa jam, tegangan aki itu akan naik. Bila tegangan aki itu mencapai 13,2 volt, maka kontroler akan menghentikan proses pengisian aki itu [3].

Rangkaian kontroler pengisian itu sebenarnya mudah untuk dirakit sendiri. Tapi, biasanya rangkaian kontroler ini sudah tersedia dalam keadaan jadi di pasaran. Memang harga kontroler itu cukup mahal kalau dibeli sebagai unit tersendiri. Kebanyakan system sel surya itu hanya dijual dalam bentuk paket lengkap yang siap pakai. Jadi, sistem sel surya dalam bentuk paket lengkap itu jelas lebih murah dibandingkan dengan bila merakit sendiri. Biasanya panel surya itu diletakkan dengan posisi statis menghadap matahari. Padahal bumi itu bergerak mengelilingi matahari. Orbit yang ditempuh bumi berbentuk elip dengan matahari berada di salah satu titik

fokusnya. Karena matahari bergerak membentuk sudut selalu berubah, maka dengan posisi panel surya itu yang statis itu tidak akan diperoleh energi listrik yang optimal. Agar dapat terserap secara maksimum, maka sinar matahari itu harus diusahakan selalu jatuh tegak lurus pada permukaan panel surya [3].

Jadi, untuk mendapatkan energi listrik yang optimal, sistem sel surya itu masih harus dilengkapi pula dengan rangkaian kontroler optional untuk mengatur arah permukaan panel surya agar selalu menghadap matahari sedemikian rupa sehingga sinar matahari jatuh hampir tegak lurus pada panel suryanya. Kontroler seperti ini dapat dibangun, misalnya, dengan menggunakan mikrokontroler 8031. Kontroler ini tidak sederhana karena terdiri dari bagian perangkat keras dan bagian perangkat lunak. Biasanya, paket sistem sel surya yang lengkap belum termasuk kontroler untuk menggerakkan panel surya secara otomatis supaya sinar matahari jatuh tegak lurus. Karena itu, kontroler macam ini cukup mahal [3].



Gambar 2. 1 Skema PLTS

2.5 Jenis Sistem PLTS

2.5.1 *Stand Alone Photovoltaic*

Stand Alone PV system atau Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpusat (PLTS-Terpusat) merupakan sistem pembangkit listrik alternatif untuk daerah-daerah terpencil/pedesaan yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN. Sistem PLTS Sistem Terpusat disebut juga Stand-Alone PV system yaitu sistem pembangkit listrik yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian photovoltaic module untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan [3].

2.5.2 *Grid Connected Photovoltaic System*

Grid Connected PV System merupakan solusi Green Energy bagi penduduk perkotaan baik perumahan ataupun perkantoran. Sistem ini menggunakan Modul Surya (Photovoltaic Module) untuk menghasilkan listrik yang ramah lingkungan dan bebas emisi. Dengan adanya sistem ini

akan mengurangi tagihan listrik rumah tangga, dan memberikan nilai tambah pada pemiliknya [3].

Sesuai namanya, Grid Connected-PV, maka sistem ini akan tetap berhubungan dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan Energi PV untuk menghasilkan energi listrik semaksimal mungkin.

Pada siang hari, Modul Surya yang terpasang pada atap akan mengkonversi sinar matahari menjadi Energi listrik Arus Searah (DC). Selanjutnya sebuah komponen yang disebut Grid-inverter merubah listrik arus searah (DC) dari PV menjadi listrik arus bolak-balik (AC) yang kemudian dapat digunakan untuk mensuplai berbagai peralatan rumah tangga seperti Lampu, TV, Kulkas, Mesin Cuci, dll. Jadi pada siang hari, kebutuhan energi listrik berbagai peralatan disuplai langsung oleh Modul Surya. Jika pada kondisi ini terdapat kelebihan energi dari PV maka kelebihan energi ini dapat dijual ke PLN (tergantung kebijakan) [3].

Pada malam hari atau jika kondisi cuaca mendung maka peralatan akan disupport oleh jaringan PLN. Hal ini dimungkinkan karena sistem ini tetap terkoneksi dengan jaringan PLN.

2.5.3 Gris Connected Photovoltaic System With Battery Backup

Grid-connected PV with battery backup adalah solusi energi hijau untuk penduduk perkotaan baik perumahan, perkantoran, atau fasilitas publik. Sistem ini menggunakan Modul Surya (Photovoltaic Module) sebagai penghasil listrik yang ramah lingkungan dan bebas emisi. Dengan adanya sistem ini akan mengurangi tagihan listrik PLN dan sekaligus turut

andil dalam penyelamatan lingkungan dengan pengurangan penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkitan energi listrik [3].

Sistem ini juga berfungsi sebagai backup energi listrik untuk menjaga kontinuitas operasional peralatan-peralatan elektronik. Jika suatu saat terjadi kegagalan pada suplai listrik PLN (Pemadaman listrik) maka peralatan-peralatan elektronik dapat beroperasi secara normal dalam jangka waktu tertentu tanpa adanya gangguan.

2.5.4 Hybrid Photovoltaic System

Pengertian Hybrid pada tulisan ini adalah penggunaan 2 atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda, umumnya digunakan untuk captive genset, sehingga diperoleh sinergy yang memberikan keuntungan ekonomis maupun teknis (keandalan system supply) [3].

Tujuan utama dari system hybrid pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (system pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan supply dan efisiensi ekonomis pada type load (Load profile) tertentu [3].

Type load (Load profile) adalah keyword penting dalam system hybrid. Untuk setiap load profile yang berbeda, akan diperlukan system hybrid dengan komposisi tertentu, agar dapat dicapai system yang optimum. Oleh karenanya, system design dan system sizing (lihat publikasi pt Azet tentang topik ini), memegang peranan penting untuk mencapai target

dibuatnya system hybrid. Sebagai contoh, load profile yang relatif konstan selama 24 jam dapat dicatu secara efisien dan ekonomis oleh genset (dengan kapasitas yang sesuai), akan tetapi load profile dimana penggunaan listrik pada siang hari berbeda jauh dibandingkan dengan malam hari, akan membuat penggunaan genset saja tidak optimum [3].

System Hybrid dapat melibatkan 2 atau lebih system pembangkit listrik, umumnya system pembangkit yang banyak digunakan untuk hybrid adalah genset, PLTS, mikrohydro, Tenaga Angin. Sehingga system hybrid bisa berarti PLTS-Genset, PLTS-Mikrohydro, PLTS- Tenaga Angin dst. Indonesia system hybrid telah banyak digunakan, baik PLTSGenset, PLTS-Mikrohydro, maupun PLTS-Tenaga Angin-Mikro Hydro. Namun demikian hybrid PLTS-Genset yang paling banyak dipakai. Umumnya digunakan pada captive genset/isolated grid (stand alone genset, yakni genset yang tidak di interkoneksi) [3].

Tujuan dari *Hybrid PV-Genset* adalah mengkombinasikan keunggulan dari setiap pembangkit (dalam hal ini genset & PLTS) sekaligus menutupi kelemahan masing-masing pembangkit untuk kondisi-kondisi tertentu, sehingga secara keseluruhan system dapat beroperasi lebih ekonomis dan efisien. Photovoltaic memerlukan investasi awal yang besar tetapi tidak memerlukan operation & maintenance (O&M) cost, dan lebih murah untuk jangka panjang, oleh karenanya ideal untuk mencatu base load, yang umumnya tidak terlalu besar. Apabila digunakan untuk mencatu peak load, investasi awal yang dibutuhkan akan terlalu besar. Dilain pihak,

Investasi awal genset tidak besar tetapi O&M cost tinggi dan mahal untuk jangka panjang, sehingga efektif dan efisien untuk mencatu load besar pada saat peak load, tetapi tidak efisien pada base load, karena jauh dibawah kapasitas optimumnya. Kombinasi Hybrid PV-Genset akan mengurangi jam operasi genset (misalnya dari 24 jam per hari menjadi hanya 4 jam per hari pada saat peak load saja) sehingga biaya O&M dapat lebih efisien, sementara PLTS digunakan untuk mencatu base load, sehingga tidak dibutuhkan investasi awal yang besar. Dengan demikian Hybrid PV-Genset akan dapat menghemat O&M cost, mengurangi inefisiensi penggunaan genset, serta sekaligus menghindari kebutuhan investasi awal yang besar [3].

2.6 Kelebihan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Dibanding pembangkit listrik lainnya, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki kelebihan sebagai berikut :

1. Mereduksi penggunaan bahan bakar fosil sehingga mengurangi polusi/emisi bahan bakar
2. Bersih, tidak berisik, menggunakan energi gratis dari matahari sepanjang tahun.
3. Tidak memerlukan biaya operasional sepeserpun.
4. Pengoperasian dan Perawatan sistem yang sangat mudah.
5. Membantu mengurangi biaya tagihan listrik bulanan.
6. Membantu menstabilkan tegangan PLN pada sisi beban.

2.7 Sistem Informasi Geografis

GIS (*Geographic information system*) atau SIG (sistem informasi geografis) adalah suatu sistem untuk mengumpulkan, menyimpan, memanipulasi (memodelkan), menganalisis, dan menyajikan sekumpulan data keruangan yang memiliki referensi geografis atau acuan lokasi (Johnson 1996). Secara teknis, GIS juga merujuk pada suatu sistem informasi yang menggunakan komputer dan mengacu pada lokasi geografis yang berguna untuk membantu pengambilan keputusan [4].

GIS mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang akan diolah pada GIS merupakan data spasial. Ini adalah sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya, sehingga aplikasi GIS dapat menjawab beberapa pertanyaan, seperti lokasi, kondisi, trend, pola dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya [4].

2.8 Komponen-komponen GIS

Sebagai suatu sistem informasi, pengoperasian GIS minimal memerlukan 4 komponen berikut :

1. Hardware

Hardware (perangkat keras) merupakan perangkat fisik untuk melaksanakan pekerjaan secara keseluruhan, termasuk semua jenis *peripheral* masukan dan keluaran data. Beberapa jenis komputer, *scanner*,

meja digitasi, *GPS reciever*, kamera, *printer*, *plotter*, serta media-media penyimpanan dan penayang data, merupakan bagian dari perangkat keras ini [5]

2. Software

GIS merupakan sekumpulan program aplikasi yang dapat memudahkan kita dalam melakukan berbagai macam pengolahan data, penyimpanan, editing, hingga layout, ataupun analisis keruangan. Komponen ini mencakup program dan *user interface* untuk mengendalikan perangkat keras, baik berupa sistem yang mengontrol kerja komputer secara umum, maupun aplikasi yang melaksanakan fungsi-fungsi khusus sesuai kebutuhan penggunaan [5].

3. Brainware

Brainware atau dalam istilah indonesia disebut sebagai sumberdaya manusia yang mengoperasikan *Hardware* dan *Software* untuk mengolah berbagai macam data keruangan (data spasial) untuk suatu tujuan, manfaat, alasan dan justifikasi penggunaan. Dalam hal ini dibutuhkan beberapa kualifikasi keahlian sebagai komponen pelaku, di antaranya operator, teknisi, analis, pengambil keputusan, *programer*, *kartograf*, dan ahli penginderaan jauh. [5]

4. Data Spasial

Data dan Informasi spasial atau keruangan merupakan bahan dasar dalam GIS. Data ataupun realitas di dunia/alam akan diolah menjadi suatu informasi yang terangkum dalam suatu sistem berbasis keruangan dengan tujuan-tujuan tertentu [5].

2.9 Peta Digital

Peta digital adalah representasi fenomena geografi yang disimpan untuk ditampilkan dan dianalisis oleh komputer digital. Setiap objek pada peta digital disimpan sebagai sebuah atau sekumpulan koordinat. Sebagai contoh, objek berupa lokasi sebuah titik akan disimpan sebagai sebuah koordinat, sedangkan objek berupa wilayah akan disimpan sebagai sekumpulan koordinat [4].

Sistem informasi geografis adalah sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi-informasi geografis. GIS dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis objek-objek dan fenomena karena lokasi geografi merupakan karakteristik yang paling mudah untuk diamati [4].

2.10 Google Earth

Google earth adalah sebuah program globe virtual yang sebenarnya disebut *Earth Viewer* dan dibuat oleh *Keyhole, Inc.* Program ini memetakan bumi dari superimposisi gambar yang dikumpulkan dari pemetaan satelit, fotografi udara dan *globe* GIS 3D. Tersedia dalam tiga lisensi berbeda : *Google Earth*, sebuah versi gratis dengan kemampuan terbatas yang memiliki fitur tambahan; dan *Google Earth Pro* yang digunakan untuk penggunaan komersial. Fungsi *Google earth* digunakan untuk mengetahui seluruh kondisi morfologi dan kontur permukaan bumi secara real yaitu foto tampak atas dari permukaan bumi dengan resolusi gambar yang cukup bagus serta keterangan derajat lintang dan bujurnya untuk setiap daerah di muka bumi [4].

2.11 Global Positioning System (GPS)

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem navigasi yang berbasis satelit yang saling berhubungan yang berada di orbitnya. Satelit-satelit itu milik Departemen Pertahanan (*Departemen of Defense*) Amerika Serikat yang pertama kali diperkenalkan mulai tahun 1978 dan pada tahun 1994 sudah memakai 24 satelit. Untuk dapat mengetahui posisi seseorang maka diperlukan alat yang diberi nama GPS *reciever* yang berfungsi untuk menerima sinyal yang dikirim dari satelit GPS. Posisi diubah menjadi titik yang dikenal dengan nama *Way-point* nantinya akan berupa titik-titik koordinat lintang dan bujur dari posisi seseorang atau suatu lokasi kemudian di layar pada peta elektronik [4].

GPS adalah satu-satunya sistem satelit navigasi global untuk penentuan lokasi, kecepatan, arah, dan waktu yang telah beroperasi secara penuh didunia saat ini .

2.12 Metode Skoring dan Pembobotan

Skoring dan pembobotan merupakan teknik pengambilan keputusan pada suatu proses yang melibatkan berbagai faktor secara bersama-sama dengan cara memberi skor yang dikalikan dengan bobot sesuai dengan masing-masing faktor. Pembobotan dapat dilakukan secara objectif dengan perhitungan statistik atau secara subyektif dengan menetapkannya berdasarkan pertimbangan tertentu. Penentuan bobot secara subyektif harus dilandasi pemahaman tentang proses tersebut.

Perhitungan metode skoring:

$$\mathbf{MS = B \times S}$$

Di mana :

MS = Metode Skoring

B = Bobot (%)

S = Skor Nilai

Sisi diagnosis suatu proses pengukuran atribut adalah pemberian makna atau interpretasi terhadap skor skala yang bersangkutan. Sebagai suatu hasil ukur berupa angka (kuantitatif), *scoring system*, yang disebut juga sebagai skor skala, memerlukan suatu norma pembandingan agar dapat diinterpretasikan secara kualitatif. Pada dasarnya, interpretasi skor skala selalu bersifat normatif, artinya makna skor diacukan pada posisi relatif skor dalam suatu kelompok yang telah dibatasi terlebih dahulu