

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Berdasarkan judul tugas akhir yang diambil, terdapat beberapa referensi serupa yang telah diteliti sebelumnya. Referensi-referensi yang telah diambil lalu digunakan untuk jadi bahan pertimbangan masalah-masalah yang nanti akan muncul. Adapun referensi yang telah ambil adalah sebagai berikut

Saini, Makmur, dkk Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP), Makasar (2017) yang berjudul Pengembangan Peralatan Simulasi Peralatan Aliran Daya Berbasis Fast Decoupled-Dependent Newton-Raphson dengan Program Interface-Based Delphi. Penelitian ini untuk mengatur aspek penting dari sistem tenaga listrik dengan menghasilkan software berbasis program delphi sebagai sistem antar muka. Dengan implmentasi selama dua tahun, penelitian pertama ini yaitu mensimulasikan sistem saluran tranmisi dengan program delphi.

Amin, Imran, dkk Universitas Hasanuddin, Makasar yang berjudul Studi Potensi Energi Terbarukan Di Kawasan Timur Indonesia Berbasiskan Analisis RETScreen International. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kelayakan pembangkit berdasarkan model energi, lingkungan, dan ekonomi menggunakan software RETScreen International dan evaluasi kebijakan ketenagalistrikan.

Pratama, Andika Yudha, dkk Universitas Dian Nuswantoro Semarang yang berjudul Simulasi dan Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Angin dan Tenaga Surya Sebagai Energi Alternatif Yang Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan. Penelitian ini menjelaskan tentang penggabungan energi listrik tenaga angin dan tenaga surya menggunakan konverter yang nantinya akan masuk ke jaringan distribusi. Desain yang digunakan yang digunakan dalam memodelkan pembangkit hibrida ini menggunakan software simulink matlab.

Riswandi, Dede Irpan dan Ibnu Kahfi Bactiar Universitas Maritim Raja Ali Haji yang berjudul Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya 30 kWp On-Grid Di Kampus Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH) Menggunakan Software PV*SOL. Penelitian ini menjelaskan tentang simulasi yang dilakukan pada pembangkit listrik tenaga surya 30kWp yang sedang dibangun di UMRAH dengan menggunakan software PV*SOL sehingga didapatkan kinerja sistem pembangkit listrik.

Berdasarkan sumber referensi-referensi di atas, peneliti melakukan simulasi energi output berdasarkan data-data yang ada di PLTH Bayu Biru menggunakan program visual studio community 2017 dengan pemrograman bahasa C#. Dengan melakukan simulasi tersebut diharapkan perawatan tahunan di PLTH Banyu Biru bisa menghasilkan kualitas energi listrik yang baik.

2.2 Landasan Teori

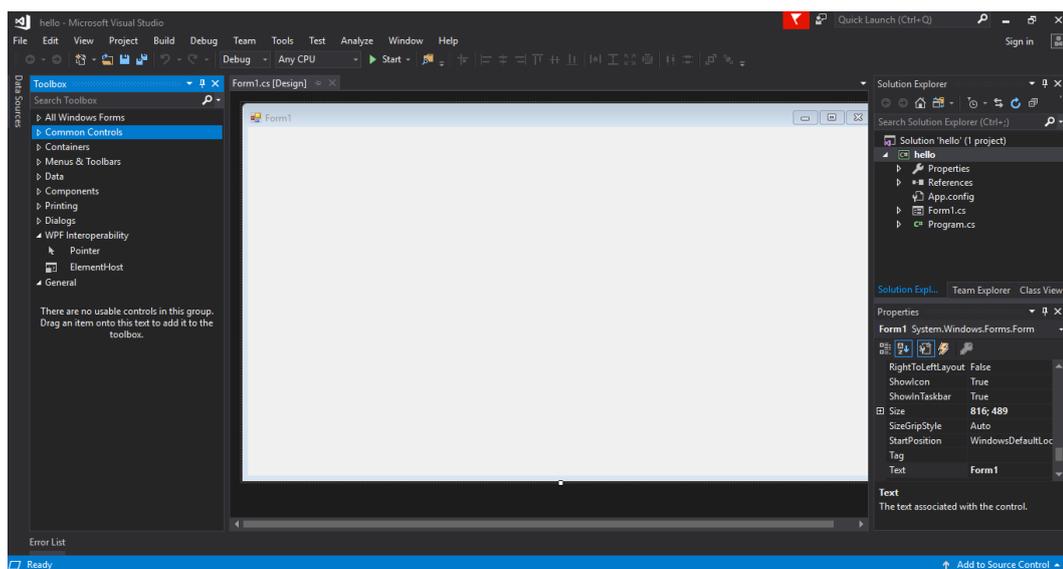
2.2.1 Microsoft Visual Studio

Microsoft visual studio merupakan sebuah IDE (Integrated Development Environment) dari Microsoft untuk pengembangan aplikasi. IDE sendiri merupakan program komputer yang memiliki fasilitas-fasilitas yang diperlukan untuk pembangunan perangkat lunak. Dengan aplikasi visual studio ini, bisa dibangun aplikasi GUI, aplikasi konsole, aplikasi web, maupun aplikasi mobile.

Microsoft Visual Studio memiliki beberapa edisi untuk pengembangan aplikasi. Edisi Microsoft Visual Studio diantaranya ada Community, Professional, Enterprise, Test Professional, dan Express. Diantara Edisi-edisi tersebut memiliki tingkatan tertentu dan ada yang berbayar dan ada yang free. Pada Penelitian ini digunakan Microsoft Visual Studio Community 2017 yang merupakan versi free dibatasi untuk tujuan pribadi dan pengembangan open source bukan untuk komersial.

Pada penelitian ini untuk membuat simulasi menggunakan fasilitas GUI (*Graphical User Interface*)(yang ada di Microsoft Visual Studio yaitu Windows Forms Designer. Dan bahasa yang digunakan yaitu bahasa C#. Pada tampilan windows forms ada dua bagian yang digunakan dalam pengerjaan sebuah aplikasi. Pertama, bagian untuk mendesain tampilan GUI. Kedua, bagian untuk mengkode program buat GUI agar tampil dinamis.

Antar muka atau yang disebut GUI (*Graphical User Interface*) adalah antarmuka yang menggunakan metode interaksi antara pengguna dengan perangkat komputer menggunakan grafis (tidak perintah teks) .Pada visual studio terutama di windows forms terdapat menu-menu yang bisa digunakan yaitu menubar, toolbar, toolbox, form untuk designer dan editor, property, dan solution explorer. Berikut gambar 2.1 tampilan windows form pada visual studio,

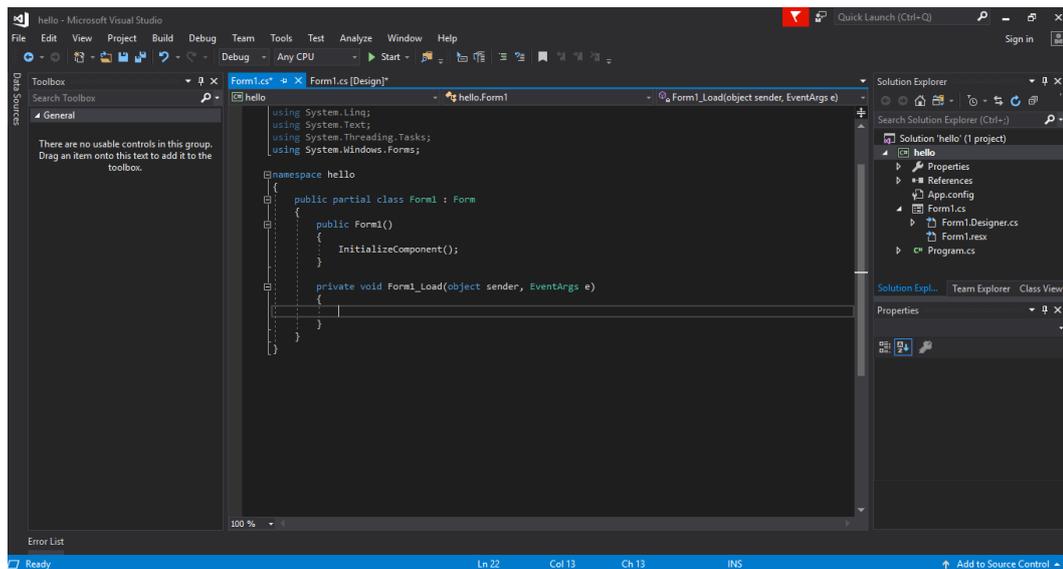


Gambar 2. 1 Designer form (GUI)

Pembuatan projek di visual studio dimulai dengan membuat tampilan designer di form, kemudian diberi script atau coding sesuai komponen yang ada di form editor. Pada form designer seperti gambar 2.2 untuk desainnya disediakan fasilitas-fasilitas untuk pengembangannya di bagian toolbox. Komponen yang ada di toolbox diantaranya Button, Label, TextBox, dan masih banyak lainnya.

Kemudian pengaturan fungsi-fungsi toolbox yang diletakkan di form berada di property bagian kanan windows.

Pada menubar terdapat operasional standar windows seperti membuat proyek baru dan menyimpannya debugging program yang telah dibuat dan lainnya. Sedangkan pada solution explorer terdapat berbagai referensi, file, dan folder yang dibutuhkan untuk membangun aplikasi.



Gambar 2. 2 Editor form

2.2.2 Bahasa C#

1) Sejarah C#

Pada tahun 1980-an, kebanyakan aplikasi ditulis untuk menjalankan sistem operasi windows dalam bahasa C++. Walaupun bahasa C++ merupakan bahasa OOP, namun ia merupakan bahasa yang sulit untuk dikuasai dan programmer bertanggung jawab terhadap tugas housekeeping seperti manajemen memori dan keamanan. Housekeeping sulit untuk diimplementasi dan terkadang menghadapi masalah aplikasi eror yang sulit ditest dan diperbaiki.

Pada tahun 1990-an, bahasa pemrograman Java menjadi populer. Karena ia merupakan bahasa pemrograman managed. Bahasa managed menyediakan cara untuk menangani detail housekeeping seperti manajemen

memori dan koleksi garbage. Hasilnya, programmer tidak khawatir terhadap eror kode housekeeping dan program lebih baik, aman, dan mudah di debug.

Melihat kesuksesan Java dan popularitasnya di internet, Microsoft mengembangkan bahasa pemrograman managed sendiri. Microsoft ingin membuatnya lebih mudah untuk mengembangkan baik pada aplikasi windows maupun aplikasi berbasis web. Bahasa managed itu bekerja di atas .Net Framework yang menyediakan banyak fungsi untuk menjalankan kode housekeeping yang dibutuhkan dalam semua aplikasi. Selama perkembangan .Net Framework, berbagai class library ditulis dalam bahasa baru yaitu C#. Desain dasar dan ketua pembuatannya yang dipimpin oleh Anders Heljberg. Heljberg sebelumnya pernah terlibat dalam pembuatan Turbo Pascal dan Delphi. Beberapa diciptakannya .Net Framework, Common language Runtime (CLR), dan bahasa C# adalah untuk mengenalkan konsep modern seperti orientasi, type safe, garbage collection, dan terstruktur.

Sejak tahun 2002, Microsoft telah melakukan perkembangan dan inovasi .Net Framework beserta bahasa inti mereka dibangun di atas framework. Microsoft juga telah melakukan penyediaan .Net developers alat yang dibutuhkan untuk menghasilkan produktivitas yang tinggi dan pengalaman program.

2) Kelebihan bahasa C#

Bahasa pemrograman C# ini terdapat beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahasa pemrograman yang ada seperti visual C++ atau visual Basic, diantaranya adalah:

a. C# bersifat sederhana

Beberapa kerumitan dan kelemahan yang ada di bahasa seperti Java dan C++ dihilangkan oleh C#, termasuk menghilangkan macro, template, inheritance, multiple, dan virtual base class. Terkadang hal-hal yang membingungkan seperti bahasa C++ yang sulit untuk dikuasai dan berpotensi menjadi masalah dapat dikerjakan secara sederhana dengan C#. C# berbasiskan C dan C++ yang dikomposisikan bersama sehingga menjadi bahasa yang

sederhana. Jadi terdapat kemiripan seperti yang di C dan C++ (atau mungkin Java) bagi seseorang yang sudah terbiasa dengannya dalam berbagai aspek. Pernyataan, operator, ekspresi, dan fungsi-fungsi lain diambil langsung dari C dan C++, ditambah dengan adanya perbaikan untuk membuat C# menjadi lebih sederhana.

b. C# bersifat modern

Pada bahasa C# terdapat fitur-fitur yang modern seperti garbage collection, exception, extensible data types, dan code security. Dengan adanya fitur-fitur modern diharapkan pembuatan aplikasi akan lebih berkualitas dan canggih.

c. C# bahasa berorientasi objek

Bahasa pemrograman yang berorientasi objek biasanya mempunyai karakteristik seperti inheritance, encapsulation, dan polymorphism. Bahasa C# memiliki karakteristik itu semua sehingga bisa disebut bahasa yang berorientasi objek atau OOP (Object-Oriented Programming). Encapsulation merupakan cara membentuk suatu fungsi dalam satu paket masing-masing tergantung objek yang dibuat. Inheritance adalah cara terstruktur yang digunakan untuk mengembangkan atau mewariskan kode dan fungsi yang sudah ada atau disebut parent ke program yang baru atau program child. Sedangkan polymorphism adalah kemampuan untuk mengirim dan menerima pesan antar objek dengan implementasi masing-masing untuk tujuan tertentu.

d. C# powerful dan fleksibel

Bahasa C# yang dikembangkan oleh Microsoft merupakan bahasa yang powerful dan fleksibel karena dengan C# bisa dibangun berbagai aplikasi mulai aplikasi console maupun GUI, aplikasi berbasis web, bahkan kompilasi bagi program yang ada.

e. C# mempunyai sedikit kata kunci

Dengan adanya sedikit kata kunci yang tidak banyak tentu akan menarik perhatian programmer-programmer lain untuk mempelajarinya. Disamping

untuk memudahkan dalam pembuatan proyek dengan hasil maksimal. Kata kunci atau yang disebut juga keyword merupakan kata yang digunakan dalam program untuk memanggil dan menetapkan suatu fungsi untuk menjalankan perintah tertentu. Berikut **tabel 2.1** kata kunci yang terdapat pada C#,

abstract	as	base	bool	break
byte	case	catch	char	checked
class	continue	decimal	Default	delegate
double	do	else	Enum	event
explicit	extern	false	Finally	fixed
float	for	foreach	if	goto
implicit	in	Int	interface	internal
is	lock	long	namespace	new
null	object	operator	out	override
params	private	protected	Public	readonly
ref	return	sbyte	Sealed	short
sizeof	stackalloc	static	String	struct
switch	this	throw	True	try
typeof	uint	ulong	Unchecked	unsafe
ushort	using	virtual	void	while

Tabel 2. 1 Daftar keyword pada C#

f. C# bersifat modular

Pada kode C# ada pembagian cara penulisan menurut Class-Class (classes) yang terdiri dari beberapa routines yang disebut member methods. Program atau aplikasi satu dengan lainnya bisa menggunakan suatu kode yang dibuat secara bersama-sama (reusable code). Kode yang telah dibuat bisa digunakan hanya dengan memberikan suatu informasi yang dibutuhkan oleh class-class dan member methods.

g. C# akan populer

Dengan segala kemudahan yang ada pada C# tetapi juga powerful akan membuat bahasa pemrograman C# menjadi populer. Disamping itu bagi programmer yang terbiasa dengan Visual Basic dan C++ akan menjadi tidak asing untuk mempelajarinya.

2.2.3 Object-Oriented Programming (OOP)

1) Sejarah OOP

Object-Oriented Programming (OOP) merupakan sebuah pendekatan dalam perkembangan software yang mana struktur dalam sebuah software didasarkan pada interaksi sebuah objek dengan objek lainnya dalam mencapai suatu tujuan atau tugas. Interaksi ini bekerja dengan mengirim pesan satu sama lain diantara objek untuk melewati proses sebelumnya dan sesudahnya. Dalam menanggapi suatu respon sebuah objek dapat melakukan suatu aksi atau cara-cara tertentu.

Sebagai contoh analogi OOP dalam kehidupan sehari-hari yaitu misalnya kau akan pergi ke kampus menggunakan sebuah objek motor. Dalam menjalankan sebuah objek motor kau hanya perlu menyalakan motor dengan kunci. Namun sebenarnya objek motor berisi objek-objek lain yang berinteraksi dengan objek lain untuk mencapai tujuan menghidupkan motor agar sampai ke kampus. Misalnya Objek penyalakan kunci motor dengan mengirim pesan ke objek mesin

motor agar bisa nyala. Kau kemudian menunggu apakah motornya akan menyala apa tidak.

Konsep OOP dimulai sekitar tahun pertengahan 1960-an dengan bahasa pemrograman yang disebut Simula dan berkembang sekitar 1970-an dengan kedatangan Smalltalk. Pada pertengahan 1980-an adanya kebangkitan pada metodologi orientasi objek, meskipun pada awal perkembangannya tidak terlalu luas. OOP mulai populer sekitar tahun 1990-an, paling terkenal dengan munculnya Java. Dan pada tahun 2002, dalam hubungannya dengan munculnya .Net Framework, Microsoft memperkenalkan bahasa OOP baru yaitu C# (dibaca C-sharp) dan merubah visual basic menjadi bahasa OOP seutuhnya.

2) Karakteristik OOP

Berikut beberapa konsep fundamental dan istilah umum secara keseluruhan bahasa OOP, yaitu:

a. Objek

Objek adalah struktur dalam penggabungan data dan prosedur dalam mengatur data tersebut. Sebagai contoh, jika kau ingin membuat aplikasi yang mempunyai kemampuan mencetak, maka kau harus mengatur objek printer yang bertanggung jawab terhadap data dan mengatur tatacara bagaimana berinteraksi dengan printer tersebut.

b. Abstraction

Konsep ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran yang membedakan antara objek satu dengan lainnya. Dengan abstraction, kompleksitas yang tinggi dapat dikurangi dengan hanya fokus pada objek dengan karakteristik mendasar. Misalnya dalam objek kepala manusia terdapat atribut warna rambut dan bentuk wajah untuk membedakan objek lainnya agar saat membuat aplikasi tidak membingungkan kedepannya. Dengan bentuk wajah yang berbeda-beda kita dapat mengenali satu sama lain.

c. Encapsulation.

Enkapsulasi adalah sebuah proses yang mana akses tidak langsung ke data tidak diijinkan alias tersembunyi. Bisa dikatakan encapsulation sebagai penyembunyian informasi. Jika client ingin mengambil data internal, maka harus berhubungan langsung dengan objek atau disini objek administrator yang bertanggung jawab dengan data yang dimaksud. Dengan enkapsulasi data maka data sistem akan aman dan terjamin. Namun client juga tidak perlu tahu bagaimana data tersebut bekerja, dia hanya perlu mengambil data yang diperlukan saja.

d. Polymorphism

Polimorfisme adalah kemampuan dua objek yang berbeda untuk merespon permintaan pesan yang sama dengan cara masing-masing. Dalam OOP, kau bisa dapat membuat beberapa objek yang merespon pesan yang sama dengan implementasi masing-masing. Misalnya, kau dapat mengirim pesan cetak pada objek print yang akan mencetak teks pada printer dan kau dapat juga dapat mengirim pesan sama untuk objek screen yang akan mencetak teks ke window di layar komputer.

e. Inheritance

Inheritance merupakan karakteristik OOP untuk mengelompokkan objek-objek dalam program berdasarkan karakteristik umum dan fungsi. Dengan begitu membuat suatu program lebih mudah karena dapat menggabungkan karakteristik umum ke objek parent dan karakteristik turunannya ke objek child. Misalnya, ditetapkan objek pegawai yang mempunyai semua karakteristik pegawai umum dalam sebuah perusahaan. Dan juga ditetapkan objek manajer yang mewarisi karakteristik objek pegawai tetapi ditambahi karakteristik unik di objek manajer. Manajer secara otomatis mempengaruhi setiap perubahan dalam implementasi objek pegawai.

f. Aggregation

Agregasi dilakukan ketika sebuah objek berisi bermacam-macam objek yang berhubungan satu sama lain. Misalnya, di dalam objek kipas angin terdapat motor listrik, rangka, propeller, dll.

2.2.4 Pengertian Framework .Net

Framework.NET adalah suatu komponen windows yang terintegrasi yang menyediakan pelayanan untuk mendukung pengembangan berbagai macam jenis aplikasi serta untuk dapat menjalankan berbagai macam aplikasi generasi mendatang termasuk pengembangan aplikasi Web Services XML.

Pada Framework .Net terdapat dua komponen utama yaitu sebagai berikut:

1) Common Language Runtime (CLR)

Common Language Runtime (CLR) adalah komponen utama dari Framework .NET yang mengatur kode menjadi *execude* dan menyediakan lapisan abstraksi antara kode dan sistem operasi. Cara kerja CLR dibangun berdasarkan berikut ini,

- Memuat kode ke memori dan menyiapkannya untuk dieksekusi
- Menkonversi kode dari bahasa intermediate ke bahasa asli
- Mengatur eksekusi kode
- Mengatur kode dan keamanan level pengguna
- Mengotomatiskan deallocating dan pembebasan memori
- *Debugging* dan penjejukan eksekusi kode
- Penyediaan penanganan struktur pengecualian

2) Base Case Library (BCL)

Base Case Library (BCL) atau sering juga disebut .NET Framework Class Library adalah sekumpulan dari *reusable types* yang sangat terintegrasi

dengan CLR. Class library menyediakan types dari fungsi-fungsi managed code yang sifatnya berorientasi terhadap objek. Dengan fungsi-fungsi dari kode managed maka akan berpengaruh kepada kemudahan dalam hal penggunaan dan juga dapat mengurangi waktu yang diperlukan pada saat eksekusi. Dengan fungsi yang mendukung maka pembuatan aplikasi akan semakin mudah dibuat. Dan Framework .Net yang dilengkapi dengan adanya BCL ini, maka kita bisa membuat berbagai macam aplikasi, seperti :

- Aplikasi console
- Aplikasi berbasis windowd (Windows Form)
- Aplikasi ASP.NET (berbasis web)
- Aplikasi Web Services XML
- Aplikasi berbasis Windows Services

2.2.5 Energi Angin

Angin merupakan angin yang bergerak karena terjadinya perbedaan tekanan udara disekitarnya dan adanya rotasi bumi. Angin bergerak dari udara yang bertekanan lebih tinggi ke yang lebih rendah. Energi angin yang bergerak tersebut dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan cara menggerakkan kincir atau turbin angin. Turbin angin tersebut akan dipasang generator yang berfungsi menghasilkan listrik. Energi yang dihasilkan karena adanya pergerakan berupa kecepatan ditambah massa dari udara dinamakan energi kinetik. Persamaan energi kinetis sebagai berikut:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 \quad \text{_____} \quad (2. 1)$$

Keterangan:

E = Energi Kinetis (Joule)

m = Massa udara (kg)

V = Kecepatan angin (m/s)

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad \text{_____} \quad (2.2)$$

Keterangan:

P = Daya dalam watt

ρ = Density udara (1,225 kg/m³ pada permukaan laut)

A = Luas permukaan kincir (m²)

V = Kecepatan angin (m/s)

Pada persamaan kedua di atas merupakan persamaan ideal dimana semua energi dari angin akan diubah seluruhnya menjadi energi listrik. Namun pada kenyataannya hanya sebagian energi listrik yang dihasilkan dari energi angin karena sisanya diubah menjadi energi lain misalnya energi panas. Persamaan daya yang dihasilkan yang lebih praktis sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot C_p \cdot N_g \cdot N_b \quad \text{_____} \quad (2.3)$$

Keterangan:

C_p = Koefisien kinerja (maksimum teoritis Betz limit=0,59, desain 0,35)

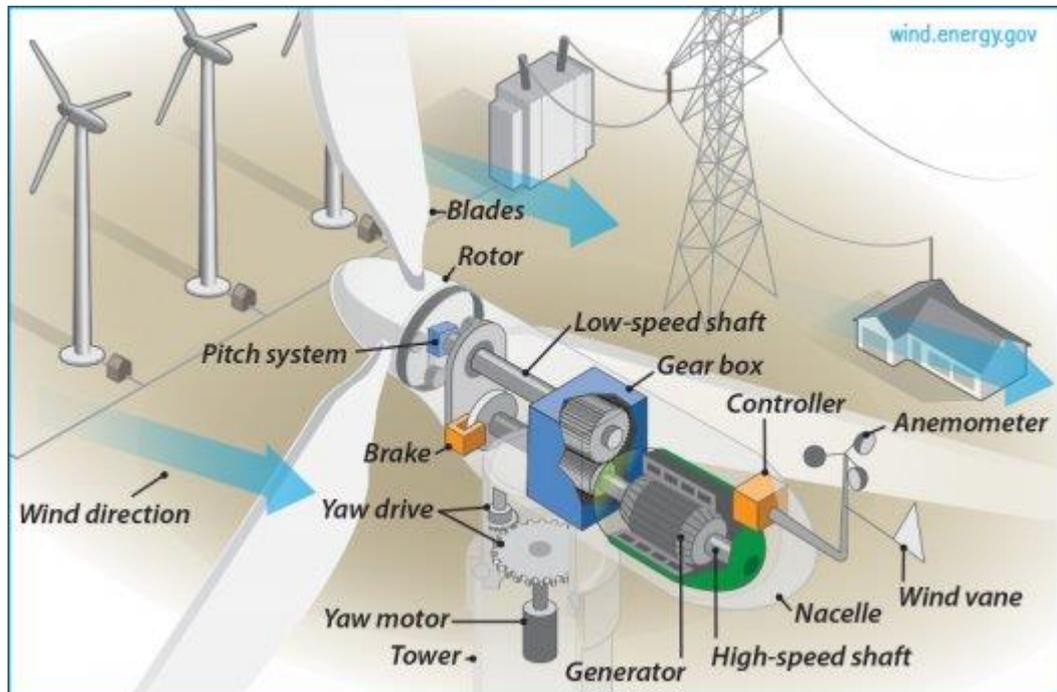
N_g = Efisiensi generator

N_b = Efisiensi gearbox/bearing

Pada awalnya, turbin angin merupakan kincir angin yang dapat menghasilkan energi listrik. Dahulu turbin angin banyak digunakan di belanda, denmark, dan negara-negara eropa lainnya dan dikenal sebagai windmill. Pada mulanya turbin angin digunakan untuk irigasi, penggilingan padi, dll oleh para petani. Sekarang dengan perkembangan teknologi turbin angin mampu membangkitkan tenaga listrik untuk kebutuhan masyarakat umum. Penelitian tentang turbin angin yang merupakan energi terbarukan akan terus berkembang karena energi fosil semakin lama akan habis.

Pada pembangkit listrik tenaga angin, turbin angin digunakan untuk mengonversikan energi angin menjadi energi listrik. Cara kerjanya yaitu energi angin yang memutar turbin angin akan diteruskan ke rotor yang di kopel dengan

generator yang ada di belakang turbin angin. Generator ini akan menghasilkan energi listrik saat terjadinya perputaran yang cukup. Berikut gambar struktur turbin angin.



Gambar 2. 3 Struktur rangka turbin angin

(Sumber: <https://www.energy.gov/eere/wind/inside-wind-turbine>)

2.2.6 Energi Surya

Energi surya merupakan radiasi matahari yang dihasilkan oleh proses reaksi fusi nuklir pada inti matahari. Matahari dapat digambarkan seperti bola gas besar yang berisi hidrogen dan helium. Energi surya yang dipancarkan ke bumi kurang lebih sekitar 8 menit dengan menggunakan kecepatan cahaya yaitu 186.000 mil per detik atau 3×10^8 meter per detik.

Energi surya yang dipancarkan ke setiap daerah berbeda-beda tergantung lokasi dan waktu setempat. Pengukuran energi surya dinyatakan sebagai total radiasi pada permukaan horizontal atau permukaan yang disinari matahari. Data radiasi pada sistem photovoltaic atau solar electric dinyatakan dalam kilowatt-hours per meter kuadrat (kwh-m^2) atau juga watt per meter kuadrat (w/m^2). Data

radiasi untuk sistem pemanas air dan pemanas ruangan biasanya dinyatakan dalam British thermal units per kaki kuadrat (Btu/ft²).

Energi surya yang dipancarkan ke bumi sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari. Dengan energi surya yang melimpah dan merupakan energi terbarukan maka muncullah pemanfaatan energi surya untuk keperluan listrik, memanaskan air, dan sebagainya. Penggunaan energi surya semaksimal bisa untuk menggantikan energi lain yang tidak terbarukan.

Menurut hukum Stefan-Boltzmann flux energi yang dipancarkan atau energi per satuan luas adalah:

$$E = \sigma \cdot T^4 \text{ (2. 4)}$$

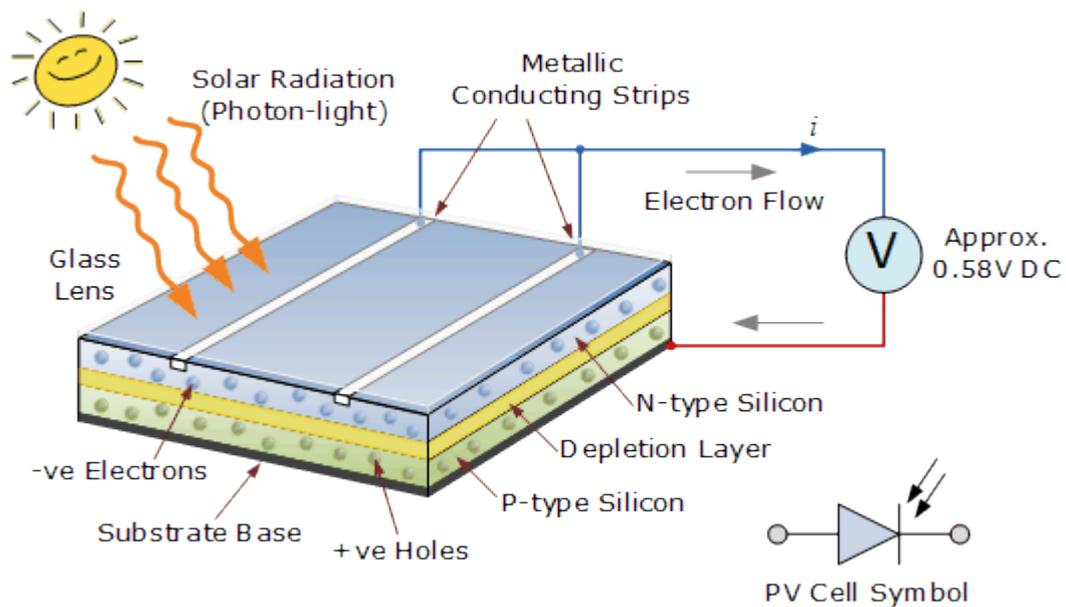
Dimana:

E = Energi dalam W/m²

σ = Konstanta $5,67 \times 10^{-8}$ W/(m²+K⁴)

T = Suhu dalam kelvin ($=^{\circ}\text{C}+273,15$)

Teknologi yang digunakan saat ini untuk menghasilkan listrik yaitu solar panel atau photovoltaic(PV). Photovoltaic atau sel surya merupakan teknologi yang dapat menghasilkan energi listrik DC (Direct Current) atau arus searah ketika disinari oleh foton atau radiasi matahari yang terbuat dari bahan semikonduktor. Satuan daya produksi yang dihasilkan sel surya ini biasanya dalam Wp atau Watt peak. Satuan ini didapat dari jumlah produksi daya yang dihasilkan ketika matahari bersinar dengan tingkat radiasi tertinggi. Sel surya terdiri dari lapisan semikonduktor yang membentuk p-n junction dengan doping – n dan doping –p, lapisan antirefleksi, dan substrat logam sebagai tempat mengalirnya arus dari lapisan tipe –n (elektron) dan tipe –p (proton). Semikonduktor tipe -n menggunakan unsur dari golongan V dengan mendoping silikon sehingga didapat kelebihan elektron valensi dari atom sekitarnya. Sedangkan pada semikonduktor tipe –p menggunakan unsur golongan III sehingga elektron valensinya berkurang satu dibanding atom sekitarnya.



Gambar 2. 4 Struktur rangka Solar Panel

(Sumber: [/www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/photovoltaics.html](http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/photovoltaics.html))

Pada saat dua tipe lapisan semikonduktor tersebut terjadi kontak maka kelebihan elektron pada lapisan tipe -n berpindah ke lapisan tipe -p. Sehingga pada area tipe-n akan bermuatan positif karena kekurangan elektron sedangkan area tipe -p akan bermuatan negatif karena mendapat elektron lebih. Pada dua lapisan ini akan terjadi medan listrik yang mendorong elektron kembali ke area -n dan hole ke area -p. Proses ini yang dinamakan p-n junction. Antara dua lapisan semikonduktor tersebut ditambahi lapisan pemisah untuk menghindari kontak langsung antara area -n dan area -p yang dinamakan *depletion layer*.

Sel surya menangkap radiasi matahari sekitar 80% tetapi hanya sekitar 5-20% energi surya yang dikonversi menjadi energi listrik tergantung teknologi yang dipakai. Bahan yang dipakai buat panel surya terbuat dari semi konduktor murni (Ge dan Si) yang bersifat setengah penghantar. Pada panel surya terjadi listrik karena pergerakan elektron (Ge dan Si).

Berdasarkan teori hole elektron bahwa elektron dapat lepas dari orbitnya. Elektron yang terlepas dari orbit terluarnya akan menyebabkan atom bermuatan positif dengan meninggalkan hole. Saat atom bermuatan positif, hole yang kosong

akan menarik elektron lain sehingga menjadi netral kembali. Begitu juga atom lainnya akan melepaskan elektron terluarnya dan kemudian menarik elektron lainnya lagi dan seterusnya.

Dengan adanya perpindahan elektron dari hole satu dengan lainnya akan menyebabkan pergerakan elektron sehingga tercipta aliran listrik. Ketika energi foton yang lebih besar datang diserap oleh semikonduktor sehingga menghasilkan pergerakan elektron bebas membentuk electron-hole sebagai pembawa muatan maka timbul beda potensial dan photocurrent. Ketika energi foton lebih kecil sehingga tidak terjadi pergerakan elektron bebas maka energi foton Cuma menghasilkan panas.

Energi listrik yang dihasilkan dari photovoltaic tergantung dari radiasi matahari yang didapat. Berikut persamaan yang digunakan dalam menghitung energi solar panel dalam penelitian ini:

$$E = R \cdot A \cdot C_m \cdot PR \text{_____} (2. 5)$$

Dimana : E = Energi listrik (kWh)

R = Radiasi matahari (kWh/m²/day)

C_m = Koefisien modul panel

PR = Performance Ratio, koefisien rugi-rugi