

TUGAS AKHIR

ANALISIS KETAHANAN MATERIAL BLADE PADA TURBIN ANGIN HORIZONTAL AXIS LIMA BLADE

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

SANDI YOGA SAHAF
1307230173



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Sandi Yoga Sahaf
Npm : 1307230173
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Ketahanan Material Blade Pada Turbin Angin
Horizontal Axis Lima Blade
Bidang Ilmu : Konstruksi Dan Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 11 Agustus 2018

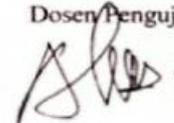
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



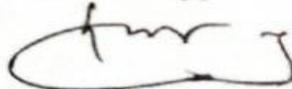
Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Sudirman Lubis, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



Chandra A Siregar, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,




Ketua, S.T., M.T

SURAT KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Sandi Yoga Sahaf
Tempat /Tanggal Lahir : Medan/23 September 1992
NPM : 1307230173
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Ketahanan Material Blade Pada Turbin Angin Horizontal Axis Lima Blade”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2019



Saya yang menyatakan,

Sandi Yoga Sahaf

ABSTRAK

Turbin angin pertama kali digunakan untuk membangkitkan listrik dibangun oleh P. La Cour dari Denmark diakhir abad ke-19. Setelah perang dunia 1, dengan penampang melintang menyerupai sudut propeler pesawat sekarang disebut kincir angin tipe propeler' atau turbin. Turbin angin sumbu horizontal, dimana poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara, Turbin angin di arahkan oleh sebuah baling-baling angin. Turbin angin memiliki berbagai macam tipe blade dan jenis material yang berbeda-beda. Salah satunya material yang sering digunakan untuk blade turbin angin adalah material komposit. Adapun pada penelitian ini untuk membuat blade turbin angin dan merancang desain blade turbin angin serta menguji ketahanan blade turbin angin. Dimana blade turbin angin dibuat dengan menggunakan bahan komposit serat kaca yang di padukan dengan bahan resin dan katalis lalu di masukan pada cetakan blade, ukuran blade turbin angin dengan panjang 58 cm, lebar pangkal 12 cm serta lebar ujung 3 cm. Dan pada proses desain dilakukan dengan menggunakan software catia, serta pada proses pengujian dilakukan dengan menggunakan metode pengujian simulasi software solidworks. Dan metode pengujian tekan pada mesin uji tekan statis ASTM, dilakukan dengan metode yaitu spesimen blade turbin angin diletakan di atas dudukan spesimen mesin uji tekan statis lalu di tekan dengan beban 500 N. Dari hasil yang telah di dapatkan pada pengujian simulasi tekan solidworks adalah pembebanan pengujian sebesar 500 Newton dan tegangan maksimal yang didapat pada blade adalah sebesar $39,765 \text{ N/m}^2$. Dan hasil pengujian tekan statis didapatkan dari tiga bagian sampel blade turbin angin yaitu, bagian sampel belakang blade adalah sebesar 49 kg untuk force dan stroke sebesar 29 mm, sampel bagian tengah blade sebesar 29 kg untuk force dan stroke sebesar 11 mm dan sampel depan blade sebesar 43 kg untuk force dan stroke 17 mm, hal ini membuktikan ketahanan blade turbin angin tertinggi adalah dibagian belakang blade

Kata kunci : Ketahanan Material Blade Turbin Angin.

ABSTRACT

Wind turbines were first used to build electricity built by P. La Cour from Denmark in the late 19th century. After World War 1, the transverse appearance of the aircraft propellers was now called propellers' windmills or turbines. Horizontal axis wind turbines, where the main rotor shaft and electricity generator are at the top of the tower, wind turbines are driven by wind turbines. Wind blades have different types of blades and different types of material. One material that is often used for wind turbine blades is composite material. While in this research to make wind turbine blades and wind turbine blade designs also improve wind turbine blades. Where wind turbine blades are made using glass fiber composite materials which are mixed with resin and catalyst material then put on the blade mold, wind turbine blade size with a length of 58 cm, a base width of 12 cm and a tip width of 3 cm. And the design process is done by using Catia software, and the testing process is done by using the Solidworks software testing method. And the compressive testing method on the ASTM compressive testing machine, was carried out by the wind blade specimen method placed on the statistical press machine specimen holder then press at a load of 500 N. equal to 500 Newton and the maximum stress obtained on the blade was 39,765 N / m². And the statistical press test results were obtained from three parts of the wind turbine blade sample namely, the rear blade sample section was 49 kg for force and stroke by 29 mm, the middle section of blade blade was 29 kg for force and stroke by 11 mm and front blade sample was 43 kg for the force and stroke of 17 mm, this proves the highest wind turbine resistance is on the back of the blade.

Keywords: Resistance of Wind Turbine Blade Material.

KATA PENGANTAR

Dengan Nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhaanahu Wa ta'ala yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "Analisis Ketahanan Material Blade Pada Turbin Angin Horizontal Axis Lima Blade" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T selaku Dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Sudirman Lubis, S.T.,M.T selaku Dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Affandi, S.T.,M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ke teknik mesin dan motivasi kepada penulis.

8. Orang tua penulis: Bapak Muhammad Safran dan Ibu Hafsah, yang telah memberikan semangat dan kasih sayang yang tiada henti-hentinya dan selalu berdoa kepada penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-Sahabat penulis: Cut Mira Sucia, S.H., MKn., Riki Andrean, S.T. Febry Ramadhan, S.T, serta pasukan bodrex, Kurniawan Eko Putra, Wanda Tirta, Yuda Satria, Husfizar Ramadhani, Bayu Yang Pratama, Yudo Bhaskoro, Jon Hansen, Kurniawan Saputra, Fauzi Dwi Cahyo, S.T, Aditya Wicaksana, S.T, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kata kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia kontruksi teknik mesin.

Medan, 16 Agustus 2019

Sandi Yoga Sahaf

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penulisan	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Teori Turbin Angin	4
2.2 Material Blade Turbin Angin	9
2.3 Teori Komposit	10
2.3.1 Bagian Utama Komposit	11
2.3.2 Klasifikasi Komposit berdasarkan Matriks Yang Digunakan	11
2.4 Komposit Fiberglass (Serat Kaca)	11
2.5 Perangkat Lunak Untuk Mendesain	14
2.6 Dasar-Dasar Penggunaan Aplikasi Pada SolidWorks	20
2.7 Teori Uji Tekan Statik	27
2.8 Respon Material Akibat Beban Statik	30
2.9 Dasar-Dasar Perpatahan	32
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu	32
3.1.1 Tempat Penelitian	32
3.1.2 Waktu Penelitian	32
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	34
3.2.1 Alat Penelitian	34
3.2.2 Bahan Penelitian	36
3.3 Diagram Alir	39
3.4 Prosedur Pembuatan Desain Turbin Angin	40
3.4.1 Proses Desain Blade Turbin	40
3.4.2 Pembuatan Desain Hub	40
3.4.3 Desain Baut	41
3.4.4 Desain Mur	41
3.4.5 Desain Cap (Tutup)	42
3.4.6 Desain Rumah Generator	42

3.4.7	Penggabungan Desain Dari Beberapa Part Menjadi Sebuah Produk	43
3.5	Prosedur Simulasi Blade Turbin Angin	44
3.5.1	Proses Menentukan Material Properties	44
3.5.2	Proses Menentukan Titik Tumpuan	44
3.5.3	Proses Menentukan Titik Dan Arah	45
3.6	Proses Uji Tekan Pada Spesimen Blade Turbin	45

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Pembuatan Blade Turbin Angin	47
4.2	Hasil Desain Blade Turbin Angin	47
4.3	Hasil Simulasi Blade Turbin Angin	48
4.4	Hasil Pengujian Spesimen	48
4.4.1	Hasil Sample Spesimen Blade Bagian Belakang Yang Telah Diuji Tekan	48
4.4.2	Hasil Grafik Dari Pengujian Tekan Statik Sample Spesimen Bagian Belakang Blade	49
4.4.3	Hasil Sample Spesimen Blade Bagian Tengah Yang Telah Diuji Tekan	49
4.4.4	Hasil Grafik Dari Pengujian Tekan Statik Sample Spesimen Bagian Tengah Blade	49
4.4.5	Hasil Sample Spesimen Blade Bagian Depan Yang Telah Diuji Tekan	50
4.4.6	Hasil Grafik Dari Pengujian Tekan Statik Sample Spesimen Bagian Depan Blade	50
4.5	Hasil Perbandingan Force (Kg) Ketiga sample Blade	52
4.6	Hasil Perbandingan Stroke (mm) Ketiga sample Blade	52
4.7	Hasil Perhitungan Kekuatan Material	53

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran	54

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.2 Waktu Penelitian

33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Turbin Angin	4
Gambar 2.2	Turbin Angin Horizontal	6
Gambar 2.3	Turbin Angin Vertikal	7
Gambar 2.4	Bagian Dari Turbin Angin	8
Gambar 2.5	Struktur Material Komposit	10
Gambar 2.6	<i>Woven Rooving</i>	12
Gambar 2.7	<i>Chopped Strand Mat</i>	13
Gambar 2.8	<i>Chopped Strand</i>	13
Gambar 2.9	<i>Continuos Roving</i>	13
Gambar 2.10	CAD (<i>Computer Aided Design</i>)	15
Gambar 2.11	CAM (<i>Computer Aided Manufacturing</i>)	16
Gambar 2.12	Mesin CNC	17
Gambar 2.13	Software SolidWokrs	19
Gambar 2.14	Software CamWokrs	20
Gambar 2.15	SolidWokrs Interface	22
Gambar 2.16	Bidang Gambar Plane Pada Program SolidWorks	25
Gambar 2.17	Aplikasi Peng-sketsaan Dan Pen-dimensian	26
Gambar 2.18	Dimensioning Interface Yang Terdapat Pada Kontak Dialog Dimension	27
Gambar 2.19	Pelat Tekan Konis	28
Gambar 2.20	Pelat Tekan Konis	28
Gambar 2.21	Pengujian Tekan Memakai Batang Uji Tambahan	28
Gambar 2.22	Perubahan Benda Yang Disebabkan Oleh Tegangan Tekan Aksial	29
Gambar 2.23	Pengujian Beban Pada Batang	30
Gambar 3.1	Cetakan Blade	35
Gambar 3.2	Anemometer	35
Gambar 3.3	Tachometer	36
Gambar 3.4	Tepung Adeka	36
Gambar 3.5	Resin	37
Gambar 3.6	Katalis	37
Gambar 3.7	Serat Kaca	38
Gambar 3.8	Lem Perekat	38
Gambar 3.9	Pipa Besi	38
Gambar 3.10	Bagan Alir Penelitian	39
Gambar 3.11	Blade Turbin Angin	40
Gambar 3.12	Hub	41
Gambar 3.13	Baut	41
Gambar 3.14	Mur	42
Gambar 3.15	Cap	42
Gambar 3.16	Rumah Generator	43
Gambar 3.17	Unit Turbin Angin	43
Gambar 3.18	Tampilan Material Properties	44
Gambar 3.19	Tampilan Ketika Memilih Titik Tumpu	44
Gambar 3.20	Tampilan Ketika Memilih Titik Arah Pembebanan	45

Gambar 3.21 Uji Tekan Spesimen	45
Gambar 3.22 Blade Utuh Sebelum Dibagi Menjadi Tiga Bagian	46
Gambar 3.23 Spesimen Bagian Belakang Turbin	46
Gambar 3.24 Spesimen Bagian Tengah Turbin	46
Gambar 3.25 Spesimen Bagian Depan Turbin	46
Gambar 4.1 Hasil Pembuatan Spesimen	47
Gambar 4.2 Hasil Desain Spesimen Blade Turbin Angin	47
Gambar 4.3 Hasil Simulasi Blade Turbin Angin	48
Gambar 4.4 Sample Spesimen Blade Bagian Belakang	48
Gambar 4.5 Hasil Grafik Pengujian Sample Bagian Belakang Blade	49
Gambar 4.6 Sample Spesimen Blade Bagian Tengah	49
Gambar 4.7 Hasil Grafik Pengujian Sample Bagian Tengah Blade	50
Gambar 4.8 Sample Spesimen Blade Bagian Depan	50
Gambar 4.9 Hasil Grafik Pengujian Sample Bagian Depan Blade	51
Gambar 4.10 Hasil Perbandingan Force (Kg) Ketiga Sample Blade	52
Gambar 4.11 Hasil Perbandingan Stroke (mm) Ketiga Sample Blade	52

DARTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
σ	Tegangan Nomal	N/m^2
F	Gaya	N
A	Luas Penampang	m^2
ε	Regangan	$\frac{\Delta L}{L}$
L_0	Panjang Awal	mm
$\underline{\Delta L}$	Perubahan Awal	mm

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi dari tahun ke tahun terus meningkat. Hal ini mendorong berbagai pihak untuk meneliti energi alternatif. Salah satu energi alternatif yang tengah diteliti dan dikembangkan saat ini yaitu energi angin. Energi angin memiliki beberapa kelebihan dibandingkan energi alternatif yang lain. Beberapa kelebihan energi angin adalah teknologinya cukup sederhana, tidak menimbulkan emisi, dan dapat dilakukan di berbagai tempat dengan ketersediaan angin yang melimpah.

Turbin angin pertama kali digunakan untuk membangkitkan listrik dibangun oleh P. La Cour dari Denmark diakhir abad ke-19. Setelah perang dunia I, layar dengan penampang melintang menyerupai sudut propeler pesawat sekarang disebut kincir angin tipe propeler' atau turbin. Eksperimen kincir angin sudut kembar dilakukan di Amerika Serikat tahun 1940, ukurannya sangat besar yang disebut mesin Smith-Putman, karena dirancang oleh Palmer Putman, kapasitasnya 1,25 MW yang dibuat oleh Morgen Smith Company dari York Pennsylvania. Diameter propelernya 175 ft(55m) beratnya 16 ton dan menaranya setinggi 100 ft (34m). Tapi salah satu batang propelernya patah pada tahun 1945. (Astu Pudjanarso, 2006)

Turbin angin memiliki 2 jenis, Yang pertama jenis turbin angin sumbu horizontal, dimana memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara, Turbin angin berukuran kecil di arahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin angin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang di gandengkan ke sebuah servo motor. Sebagian besar memiliki sebuah gearbox yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar, sedangkan jenis kedua turbin angin sumbu vertical, dimana memiliki sumbu poros atau rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus di arahkan ke angin agar menjadi efektif, kelebihan ini sangat berguna di tempat-tempat yang arah angin nya sangat bervariasi mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah, dengan sumbu vertikal, generator serta gearbox bisa ditempatkan di

dekat tanah, jadi menara tidak perlu menyokong nya dan lebih mudah di akses untuk keperluan perawatan.

Turbin angin memiliki berbagai macam tipe blade dan jenis material yang berbeda-beda. Salah satunya material yang sering digunakan untuk blade turbin angin adalah material komposit.

Militer Amerika serikat adalah pihak yang pertama kali mengembangkan dan memakai bahan komposit, Pesawat AV-8D mempunyai kandungan bahan komposit 27% dalam struktur rangka pesawat pada awal tahun 1980-an. Pengguna bahan komposit dalam pertama kali terjadi pada tahun 1985. Ketika itu Airbush A320 pertama kali nya terbang dengan stabilizer horizontal dan vertikal yang terbuat dari bahan komposit. Airbush telah menggunakan komposit sampai 15% dari berat total rangka pesawat untuk seri A320,A330, dan A340.

Bahan komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing masing bahan berbeda satu sama lain nya baik itu sifat kimia maupun sifat fisik nya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut, keunggulan baham komposit diantara nya berat lebih ringan, kekuatan yang lebih tinggi tahaan korosi dan memiliki biaya perakitan yang lebih murah karna berkurang nya jumlah komponen. Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu dilakukan pengujian terhadap bahan material komposit pada blade turbin angin tipe horizontal axis konfigurasi lima blade sebagai pembangkit listrik berkapasitas rendah.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah yang dapat dikemukakan adalah bagaimana mendapatkan nilai ketahanan material komposit blade pada turbin angin tipe horizontal axis berkonfigurasi lima blade sebagai pembangkit berkapasitas rendah.

1.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini antara lain:

1. Material yang diuji adalah material komposit yang digunakan pada turbin angin tipe horizontal axis berkonfigurasi lima blade sebagai pembangkit

berkapasitas rendah.

2. Pengujian yang dilakukan berupa simulasi solid work

1.4. Tujuan Penulisan

Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji ketahanan material komposit blade yang digunakan pada turbin angin tipe horizontal axis berkonfigurasi lima blade sebagai pembangkit berkapasitas rendah.

1. Tujuan Umum.

Mendapatkan nilai ketahanan pada bahan material komposit pada blade turbin angin.

2. Tujuan khusus

Untuk mendapatkan data nilai beban maksimum yang mampu ditahan oleh blade turbin angin.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini:

1. Meningkatkan kompetensi dalam mengobservasi, menganalisis dan mengevaluasi terhadap suatu permasalahan dengan menerapkan ilmu teknik.

2. Menambah wawasan dalam menganalisis ketahanan material blade pada turbin angin.

3. Sebagai referensi bagi penelitian yang akan dilakukan diwaktu yang akan datang yang berhubungan dengan perbaikan layout.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Turbin Angin

Turbin angin adalah sebuah mesin dengan sudu berputar yang mengonversikan energi kinetik angin menjadi energi mekanik. Jika energi mekanik digunakan langsung secara permesinan seperti pompa atau grinding stones, maka mesin (turbin) disebut windmill. Jika energi mekanik dikonversikan menjadi energi listrik, maka mesin disebut turbin angin atau wind energy converter (WEC), gambar turbin angin dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Turbin Angin

Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (Contoh: PLTD, PLTU, dll), turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbarukan (Contoh : batubara, minyak bumi).Prinsip dasar kerja dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator. Sebenarnya prosesnya tidak semudah itu,

karena terdapat berbagai macam sub-sistem yang dapat meningkatkan safety dan efisiensi dari turbin angin, yaitu :

1. Gearbox.

Alat ini berfungsi untuk mengubah putaran rendah pada kincir menjadi putaran tinggi.

2. Brake.

System Digunakan untuk menjaga putaran pada poros setelah gearbox agar bekerja pada titik aman saat terdapat angin yang besar. Alat ini perlu dipasang karena generator memiliki titik kerja aman dalam pengoperasiannya. Generator ini akan menghasilkan energi listrik maksimal pada saat bekerja pada titik kerja yang telah ditentukan. Kehadiran angin diluar diguaan akan menyebabkan putaran yang cukup cepat pada poros generator, sehingga jika tidak di atasi maka putaran ini dapat merusak generator.

3. Generator.

Ini adalah salah satu komponen terpenting dalam pembuatan sistem turbin angin. Generator ini dapat mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Prinsip kerjanya dapat dipelajari dengan menggunakan teori medan elektromagnetik. Singkatnya, (mengacu pada salah satu cara kerja generator) poros pada generator dipasang dengan material ferromagnetik permanen. Setelah itu disekeliling poros terdapat stator yang bentuk fisisnya adalah kumparan-kumparan kawat yang membentuk loop. Ketika poros generator mulai berputar maka akan terjadi perubahan fluks pada stator yang akhirnya karena terjadi perubahan fluks ini akan dihasilkan tegangan dan arus listrik tertentu. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan ini disalurkan melalui kabel jaringan listrik untuk akhirnya digunakan oleh masyarakat. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator ini berupa AC (alternating current) yang memiliki bentuk

4. Penyimpan.

Karena keterbatasan ketersediaan akan energi angin (tidak sepanjang hari angin akan selalu tersedia) maka ketersediaan listrik pun tidak menentu. Oleh karena itu digunakan alat penyimpan energi yang berfungsi sebagai back-up energi listrik. Ketika beban penggunaan daya listrik masyarakat meningkat atau ketika kecepatan angin suatu daerah sedang menurun, maka kebutuhan

permintaan akan daya listrik tidak dapat terpenuhi. Oleh karena itu kita perlu menyimpan sebagian energi yang dihasilkan ketika terjadi kelebihan daya pada saat turbin angin berputar kencang atau saat penggunaan daya pada masyarakat menurun. Penyimpanan energi ini diakomodasi dengan menggunakan alat penyimpan energi. Contoh sederhana yang dapat dijadikan referensi sebagai alat penyimpan energi listrik adalah aki mobil. Aki mobil memiliki kapasitas penyimpanan energi yang cukup besar. Aki 12 volt, 65 Ah dapat dipakai untuk mencatu rumah tangga (kurang lebih) selama 0.5 jam pada daya 780 Watt. Kendala dalam menggunakan alat ini adalah alat ini memerlukan catu daya DC (Direct Current) untuk meng-charge/mengisi energi, sedangkan dari generator dihasilkan catu daya AC (Alternating Current). Oleh karena itu diperlukan rectifier-inverter untuk mengakomodasi keperluan ini.

5. Rectifier inverter.

Rectifier berarti pencerah, rectifier dapat menyraahkan gelombang sinusoidal yang di hasilkan oleh generator menjadi gelombang DC. Inverter berarti pembalik ketika dibutuhkan daya dari penyimpanan energi aki dan lain nya maka yang dihasilkan oleh aki berbentuk gelombang DC. Karna kebanyakan kebutuhan rumah tangga menggunakan catu daya AC, maka diperlukan inverter untuk mengubah gelombang DC yang dikeluarkan oleh aki menjadi gelombang AC agar dapat digunakan oleh rumah tangga, tubin angin horizontal dapat di lihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Turbin Angin Horizontal

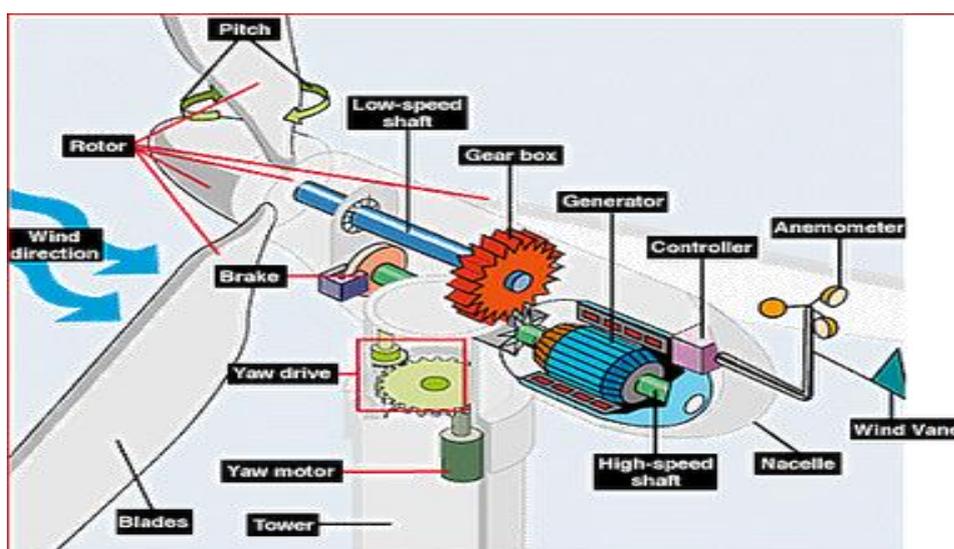
Turbin angin sumbu horizontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah servo motor. Sebagian besar memiliki sebuah gearbox, Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan. Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting, sebagian besar TASH merupakan mesin upwind (melawan arah angin). Meski memiliki permasalahan turbulensi, mesin downwind (menurut jurusan angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan agar mereka tetap sejalan dengan angin, dan karena di saat angin berhembus sangat kencang, bilah-bilahnya bisa ditekuk sehingga mengurangi wilayah tiupan mereka dan dengan demikian juga mengurangi resintensi angin dari bilah-bilah itu, turbin angin vertical dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Turbin Angin Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal/tegak (atau TASV) memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna ditempat-tempat.

Dengan sumbu yang vertikal, generator serta gearbox bisa ditempatkan di dekat tanah, jadi menara tidak perlu menyokongnya dan lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Tapi ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga putaran yang berdenyut. Drag (gaya yang menahan pergerakan sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas) bisa saja tercipta saat kincir berputar. Karena sulit dipasang di atas menara, turbin sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat ia diletakkan, seperti tanah atau puncak atap sebuah bangunan. Kecepatan angin lebih pelan pada ketinggian yang rendah, sehingga yang tersedia adalah energi angin yang sedikit. Aliran udara di dekat tanah dan obyek yang lain mampu menciptakan aliran yang bergolak, yang bisa menyebabkan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan getaran, diantaranya kebisingan dan bearing wear yang akan meningkatkan biaya pemeliharaan atau mempersingkat umur turbin angin. Jika tinggi puncak atap yang dipasangi menara turbin kira-kira 50% dari tinggi bangunan, ini merupakan titik optimal bagi energi angin yang maksimal dan turbulensi angin yang minimal, bagian bagian dari turbin angin dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Bagian Bagian Dari Turbin Angin

1. Anemometer.
2. Blade.
3. Brake.
4. Controller.
5. Gearbox.
6. Generator.
7. High speed shaft drive generator.
8. Low.
9. Nacelle.
10. Pitch.
11. Rotor.
12. Tower.
13. Wind direction.
14. Windvane.
15. Yawdrive.
16. Yawmotor.
17. Penyimpan (battery).

2.2. Material Blade Turbin Angin.

Kebutuhan akan energi terbarukan semakin nampak seiring berjalanya waktu. Indonesia sebagai negara dengan bibir pantai yang sangat panjang yang artinya memiliki potensi energi angin yang tinggi sudah sepantasnya menggalakkan riset pembangkit listrik energi terbarukan dengan potensi yang besar ini.

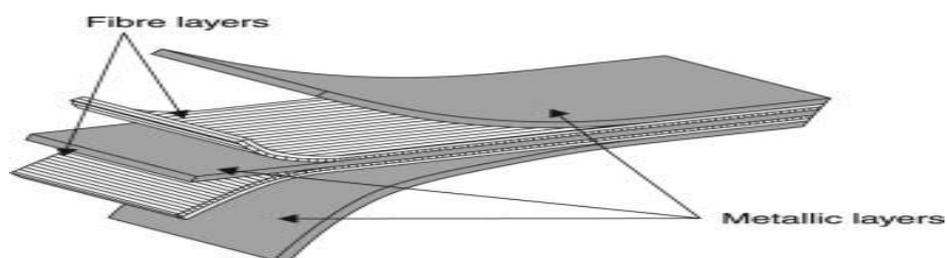
Salah satu riset yang terus berkembang di Indonesia adalah pembuatan turbin angin. Performa turbin angin yang tinggi menuntut desain dan material dari blade atau bilah turbin angin yang tinggi pula. Untuk alasan tersebut, digunakan bahan komposit untuk membuat bilah turbin angin yang ringan namun kuat dan kaku. Bilah turbin angin yang besar dan berukuran hingga belasan meter atau lebih menggunakan bahan komposit karbon fiber, sedangkan bilah turbin angin dengan ukuran kecil menggunakan bahan fiberglass.

2.3 Teori Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda (Matthews & Rawlings, 1994). Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan matriks sebagai bahan pengikat serat. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya.

Dalam perkembangannya, serat yang digunakan tidak hanya serat sintetis (*fiber-glass*) tetapi juga serat alami (*natural fiber*). Menurut Munandar, (2013:52) “Komposit serat alam memiliki keunggulan lain bila dibandingkan dengan serat gelas, komposit serat alam sekarang banyak digunakan karena jumlahnya banyak, lebih ramah lingkungan karena mampu terdegradasi secara alami, harganya pun lebih murah dibandingkan serat gelas”. Serat yang dihasilkan dari pohon aren memiliki banyak keistimewaan diantaranya: tahan lama, tahan terhadap asam dan garam air laut, dan memperlambat pelapukan kayu serta mencegah serangan rayap tanah (Mahmuda, 2013).

Kelemahan serat alami di antaranya ukuran serat yang tidak seragam usia serat sangat mempengaruhi kekuatannya. Semakin kecil diameter serat maka kekuatan tariknya besar, karena rongga pada serat kecil dan ikatan antar molekulnya banyak sehingga kekuatannya kuat. Semakin besar diameter maka kekuatan tariknya kecil, karena rongga pada serat besar dan ikatan molekulnya sedikit sehingga kekuatan tariknya rendah (Mahmuda, 2013), struktur material komposit dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Struktur Material Komposit

2.3.1 Bagian Utama Komposit

Komposit didefinisikan sebagai dua macam atau lebih material yang digabungkan atau dikombinasikan dalam skala makroskopis (dapat terlihat langsung oleh mata) sehingga menjadi material baru yang lebih berguna. Komposit terdiri dari 2 bagian utama yaitu :

- Matriks, berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung filler (pengisi) dari kerusakan eksternal. Matriks yang umum digunakan : carbon, glass, kevlar, dll
- Filler (pengisi), berfungsi sebagai Penguat dari matriks. Filler yang umum digunakan : carbon, glass, aramid, kevlar

2.3.2 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Matriks Yang Digunakan

- MMC : Metal Matriks Composite (menggunakan matriks logam)
- CMC : Ceramic Matriks Composite (menggunakan matriks ceramic)
- PMC : Polymer Matriks Composite (menggunakan matriks polymer)

PMC (Polymer Matriks Composite) merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan karat, korosi dan lebih ringan. Matriks polymer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya polymer termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini. Jenis2 termoplastik yang biasa digunakan : polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyethylene (PE), dll. Berikut lambang dari masing2 jenis polymer.

2.4 Komposit Fiberglass (Serat kaca)

Material Fiberglass adalah salah satu jenis bahan fiber komposit yang memiliki keunggulan yaitu kuat namun tetap ringan. Walaupun tidak sekuat dan seingan bahan carbon fiber, fiberglass lebih ulet dan relatif lebih murah di pasaran. Fiberglass biasa digunakan untuk bahan pembuatan pesawat terbang, perahu, bodi atau interior mobil, perlengkapan kamar mandi, kolam renang, septic tank, tangki air, atap, perpipaan, dinding isolator, papan selancar, tong sampah dan lain-lain.

Material komposit itu sendiri adalah material yang terdiri dari dua komponen yaitu penguat (*reinforcement*) berupa serat dan pengikat (*matrix*) berupa plastik, sehingga menghasilkan kombinasi sifat yang kaku, kuat dan ringan (Untuk mempelajari material komposit secara umum.

Pada komposit fiberglass, komponen penguat tersebut adalah serat kaca. Kaca yang kita kenal sehari-hari memiliki sifat yang mudah retak dan pecah, hal tersebut diakibatkan karena kekerasan permukaan kaca yang terlalu tinggi, sehingga memudahkan proses perambatan retak pada permukaan kaca walaupun dengan sedikit saja cacat atau beban. Untuk menghindari retak awal atau cacat pada permukaan kaca tersebut, kaca dibuat benang yang sangat tipis dengan diameter sekitar 5-25 mikrometer. Diameter yang sangat kecil tersebut membuat serat kaca yang sangat kuat ini tidak diberikan kesempatan untuk mendapatkan cacat permukaan yang menjadi awal perambatan retak. Serat-serat kaca yang kecil ini dipintal untuk kemudian disusun menjadi bentuk jahitan (*woven*), bulu-bulu yang disatukan membentuk lembaran (*chopped strand mat*), potongan-potongan kecil (*chopped strand*) ataupun benang panjang yang kontinyu (*continuous roving*). Fiberglass sering juga dikenal dengan nama *Glass-reinforced plastic* (GRP) atau *glass-fiber reinforced plastic* (GFRP) karena terdiri dari komponen glass-fiber dan dikuatkan dengan plastik (resin).



Gambar 2.6 *Woven Rooving*



Gambar 2.7 *Chopped Strand Mat*



Gambar 2.8 *Chopped Strand*

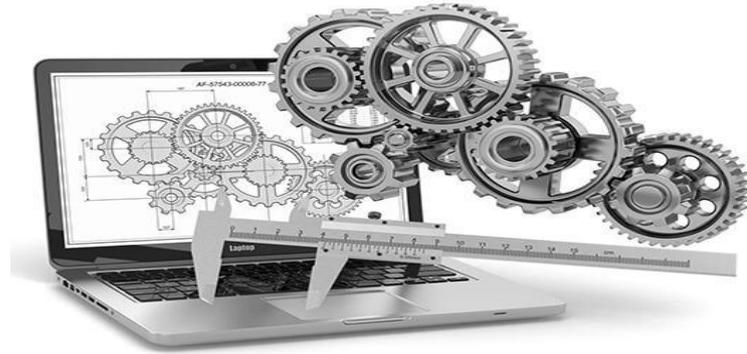


Gambar 2.9 *Continuos Roving*

Namun, diameter yang sangat kecil tersebut membuat serat kaca mudah untuk tertekuk (*buckling*). Bayangkan sebuah tongkat yang sangat panjang dengan diameter yang sangat kecil, jika kita tekan kedua bagian ujungnya ke arah dalam pasti tongkat tersebut akan bengkok. Hal ini dikenal dengan istilah *buckling*. Untuk menghindari hal tersebut, pabrik atau mat fiberglass ini “diikat” dengan bahan semacam lem yang jika dicampur dengan katalis (pemercepat proses reaksi kimia) akan kering dan menjadi bahan yang keras dan getas yang disebut dengan istilah resin. Kombinasi kekerasan dari resin kering dan kekuatan dari serat fiberglass inilah yang membuat bahan paduan komposit fiberglass menjadi kuat, keras dan ulet. Selain mencegah *buckling*, resin juga berfungsi untuk meratakan tegangan antara serat satu dengan serat lainnya, sehingga komposit dapat menahan beban yang berat. Ibaratkan mematahkan satu batang lidi akan jauh lebih mudah daripada mematahkan ratusan batang lidi secara bersama-sama.

2.5 Perangkat Lunak Untuk Mendesain

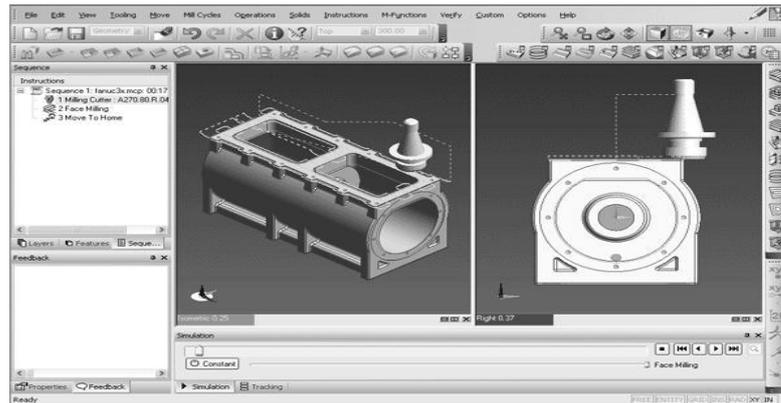
Computer Aided Design adalah suatu program komputer untuk menggambar suatu produk atau bagian dari suatu produk. Produk yang ingin digambarkan bisa diwakili oleh garis-garis maupun simbol-simbol yang memiliki makna tertentu. CAD bisa berupa gambar 2 dimensi dan gambar 3 dimensi. Berawal dari menggantikan fungsi meja gambar kini perangkat lunak CAD telah berevolusi dan terintegrasi dengan perangkat lunak CAE (*Computer Aided Engineering*)¹⁵⁰ dan *Computer Aided Manufacturing* (CAM). Integrasi itu dimungkinkan karena perangkat lunak CAD saat ini kebanyakan merupakan aplikasi gambar 3 dimensi atau biasa disebut solid modelling. Solid model memungkinkan kita untuk memvisualisasikan komponen dan rakitan yang kita buat secara realistis. Selain itu model mempunyai properti seperti massa, volume, pusat gravitasi, luas permukaan dll.



Gambar 2.10 CAD (*Computer Aided Design*).

Computer Aided Manufacturing (CAM) adalah sebuah teknologi aplikasi yang menggunakan perangkat lunak komputer dan mesin untuk memfasilitasi dan mengotomatisasi proses manufaktur. *Computer Aided Manufacturing* (CAM) adalah penerus dari *Computer Aided Engineering* (CAE) dan sering digunakan bersama dengan *Computer-Aided Design* (CAD). Selain persyaratan bahan, system *Computer Aided Manufacturing* (CAM) modern termasuk kontrol *real-time* dan robotika. *Computer Aided Manufacturing* (CAM) mengurangi limbah dan energy untuk meningkatkan produksi dan efisiensi produksi melalui kecepatan produksi meningkat, konsistensi bahan baku dan akurasi perkakas yang lebih tepat. *Computer Aided Manufacturing* (CAM) menggunakan proses manufaktur berbasis komputer untuk otomatisasi tambahan manajemen, pelacakan material, perencanaan dan transportasi *Computer Aided Manufacturing* (CAM) juga mengimplementasikan perangkat produktivitas canggih seperti simulasi dan optimasi untuk meningkatkan keterampilan profesional. *Computer Aided Manufacturing* (CAM) dapat hadir kekurangan dalam bidang berikut:

1. Proses manufaktur dan kompleksitas penggunaan
2. Produk *Lifecycle Management* (PLM) dan integrasi
3. Perusahaan modern otomatisasi proses mesin Solusi *Computer Aided Manufacturing* (CAM) modern terukur dan berkisar dari sistem diskrit untuk multi-CAD integrasi 3D. *Computer Aided Manufacturing* (CAM) sering dikaitkan dengan CAD untuk lebih ditingkatkan dan efisien manufaktur, desain efisien dan otomatisasi mesin.



Gambar 2.11 CAM (*Computer Aided Manufacturing*).

Perkembangan teknologi komputer saat ini telah mengalami kemajuan yang amat pesat. Dalam hal ini komputer telah diaplikasikan ke dalam alat-alat mesin perkakas di antaranya Mesin Bubut, Mesin Frais, Mesin Skrap, Mesin Bor, dll. Hasil perpaduan teknologi komputer dan teknologi mekanik inilah yang selanjutnya dinamakan CNC (*Computer Numerically Controlled*). *Integrasi Software CAD-CAM dalam Sistem Operasi* Yuris Setyoadi, Khoiriya Latifah¹⁵¹ Sistem pengoperasian CNC menggunakan program yang dikontrol langsung oleh komputer. Secara umum konstruksi mesin perkakas CNC dan sistem kerjanya adalah sinkronisasi antara komputer dan mekaniknya. Jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang setaraf dan sejenis, mesin perkakas CNC lebih unggul baik dari segi ketelitian (*accurate*), ketepatan (*precision*), fleksibilitas, dan kapasitas produksi. Sehingga di era modern seperti saat ini banyak industri-industri mulai meninggalkan mesin-mesin perkakas konvensional dan beralih menggunakan mesin-mesin perkakas CNC.

Computer Numerical Control/ CNC berarti "komputer kontrol numerik") merupakan sistem otomatisasi Mesin perkakas yang dioperasikan oleh perintah yang diprogram secara abstrak dan disimpan di media penyimpanan, hal ini berlawanan dengan kebiasaan sebelumnya dimana mesin perkakas biasanya dikontrol dengan putaran tangan atau otomatisasi sederhana menggunakan cam. Kata NC sendiri adalah singkatan dalam Bahasa Inggris dari kata Numerical Control yang artinya Kontrol Numerik. Mesin NC pertama diciptakan pertama kali pada tahun 40-an dan 50-an, dengan memodifikasi Mesin perkakas biasa. Dalam hal ini Mesin perkakas biasa ditambahkan dengan motor yang akan

menggerakkan pengontrol mengikuti titik-titik yang dimasukkan kedalam sistem oleh perekam kertas. Mesin perpaduan antara servo motor dan mekanis ini segera digantikan dengan sistem analog dan kemudian komputer digital, menciptakan mesin perkakas modern yang disebut Mesin CNC (*computer numerical control*) yang di kemudian hari telah merevolusi proses desain.

Saat ini mesin CNC mempunyai hubungan yang sangat erat dengan program CAD mesin-mesin CNC dibangun untuk menjawab tantangan di dunia manufaktur modern dengan mesin CNC, ketelitian suatu produk dapat dijamin hingga 1/100 mm lebih, pengerjaan produk massal dengan hasil yang sama persis dan waktu permesinan yang cepat. NC/CNC terdiri dari beberapa bagian utama:

1. Program
2. *Control Unit Processor*
3. Motor listrik servo untuk menggerakkan kontrol pahat
4. Motor listrik untuk menggerakkan /memutar pahat
5. Pahat
6. Dudukan dan pemegang

Prinsip kerja NC/CNC secara sederhana dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Programmer membuat program CNC sesuai produk yang akan dibuat dengan cara pengetikan langsung pada mesin CNC maupun dibuat pada komputer dengan software pemrograman CNC.
2. Program CNC tersebut, lebih dikenal sebagai G-Code, seterusnya dikirim dan dieksekusi oleh prosesor pada mesin CNC menghasilkan pengaturan motor servopada mesin untuk menggerakkan perkakasyang bergerak melakukan proses permesinan hingga menghasilkan produk sesuai program.



Gambar 2.12 Mesin CNC.

G-Code, atau kode persiapan atau fungsi, adalah fungsi kontrol numerik dalam bahasa pemrograman. G-kode adalah kode posisi alat dan melakukan pekerjaan yang sebenarnya, berbeda dengan M-kode, yang mengelola mesin; T untuk alat-kode terkait S dan F adalah alat-Speed dan alat-Feed, dan akhirnya D-kode untuk alat kompensasi.

Bahasa pemrograman Numerical Control (NC) adalah informal kadang disebut G-kode. Namun dalam kenyataannya, G kode ini hanya sebagian dari NC-bahasa pemrograman yang mengendalikan NC dan peralatan mesin CNC. Kontrol numerik istilah diciptakan di Laboratorium Servomechanisms MIT, dan beberapa versidari NC itu dan masih dikembangkan secara mandiri oleh pabrik mesin CNC. Versistandar utama yang digunakan di Amerika Serikat telah diselesaikan oleh Electronic Industries Alliance di awal 1960-an. Revisi terakhir yang telah disetujui pada bulan Februari 1980 sebagai RS274D. Di Eropa, standar DIN 66.025 / ISO 6.983 sering digunakan sebagai gantinya.

Karena kurangnya pengembangan lebih lanjut, yang sangat besar alat mesinberbagai konfigurasi, dan sedikit permintaan untuk interoperabilitas, beberapa mesin alatpengontrol (CNCs) mengikuti standar ini. Ekstensi dan variasi telah ditambahkan secara terpisah oleh produsen, dan operator kontroler tertentu harus menyadari perbedaan dari masing-masing produsen produk. Ketika awalnya diperkenalkan, sistem CAM terbatas pada alat konfigurasi didukung. Saat ini, produsen utama dari system kontrol CNC Fanuc GE Automation (perusahaan patungan General Electric dan Fanuc), Siemens, Mitsubishi, dan Heidenhain, tetapi masih ada yang lebih kecil dan / atau tua sistem controller.

Beberapa produsen mesin CNC berusaha untuk mengatasi kesulitan kompatibilitas dengan standarisasi pada alat mesin dibangun oleh Fanuc controller. Sayangnya, tidak Fanuc tetap konsisten dengan RS-274 atau versi sebelumnya sendiri, dan telah lambat menambahkan fitur baru, serta memanfaatkan peningkatan daya komputasi. Misalnya, mereka mengubah G70/G71 untuk G20/G21, mereka gunakan tanda kurung untuk komentar yang menyebabkan kesulitan ketika mereka memperkenalkan perhitungan matematis jadi mereka menggunakan tanda kurung persegi untuk perhitungan makro; mereka sekarang memiliki teknologi nano akhir-akhir ini dalam mode 32-bit tetapi dalam

Fanuc 15mb kendali yang mereka memperkenalkan HPCC (presisi tinggi kontur DNS) yang menggunakan 64-bit RISC processor dan sekarang ini memiliki 500 blok penyangga untuk melihat ke depan untuk benar-bentuk permukaan *Contouring* dan program blokkecil dan 5-sumbu mesin terus-menerus. Mesin Bubut CNC secara garis besar dapat digolongkan menjadi dua, yaitu :

1. Mesin Bubut CNC Training Unit (CNC TU)
2. Mesin Bubut CNC Production Unit (CNC PU)

Kedua mesin tersebut mempunyai prinsip kerja yang sama, akan tetapi yang membedakan kedua tipe mesin tersebut adalah penggunaannya di lapangan. CNC TU dipergunakan untuk pelatihan dasar pemrograman dan pengoperasian CNC yang dilengkapi dengan EPS (External Programing Sistem). Mesin CNC jenis Training Unit hanya mampu dipergunakan untuk pekerjaan pekerjaan ringan dengan bahan yang relatif lunak. Sedangkan Mesin CNCPU dipergunakan untuk produksi massal, sehingga mesin ini dilengkapi dengan aksesoris tambahan seperti sistem pembuka otomatis yang menerapkan prinsip kerja hidrolis, pembuangan tatal, dan sebagainya.

Gerakan Mesin Bubut CNC dikontrol oleh komputer, sehingga semua gerakan yang berjalan sesuai dengan program yang diberikan, keuntungan dari sistem ini adalah memungkinkan mesin untuk diperintah mengulang gerakan yang sama secara terus menerus dengan tingkat ketelitian yang sama pula.

SOLIDWorks pada dasarnya merupakan aplikasi grafis tiga dimensi yang berfokus pada pengembangan perangkat. Artinya, software ini adalah duet maut untuk para pengembang dalam berbagai industri, seperti penerbangan, otomotif, dan medis. *Software* SOLIDWorks dapat dilihat pada gambar 2.13



Gambar 2.13 *Software* SOLIDWorks.

CAMWorks merupakan *software* CAM yang terintegrasi dengan SOLIDWorks, *software* tersebut menjembatani dari pekerjaan CAD dihubungkan ke CAM tanpa harus keluar dari program, sehingga proses koreksi dan modifikasi forma perintah gerakan dalam *G/M code* dapat dilakukan dalam *software* tersebut, *Software* CAMWorks dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14 *Software* CAMWorks.

Mach3 adalah *software* yang bisa mengubah komputer dekstop menjadi sebuah piranti kontroller mesin CNC. Mach3 sangat kaya fitur dan memberikan nilai yang besar untuk mereka yang membutuhkan paket kontrol CNC. Mach3 bekerja pada PC Windows untuk mengendalikan gerakan motor (*stepper&servo*) dengan mengolah G Code. Bukan hanya milling dan bubut, Mach3 juga bisa dikembangkan untuk beberapa mesin CNC yang lainnya, seperti :*Plasma cutting CNC, EDM Wire CUT, WaterJet, dan Laser*. Mach3 memiliki fitur penambah program (VBscript) yang memungkinkan kita untuk menambahkan kefungsiian khusus seperti: ATC(*Automatic Tool Changer*). MPI menggunakan mach3 untuk mengembangkan mesin CNC *plasmacutting*.

(Yuris Setyoadi dan Khoiriya Latifah, 2015 : 149-153)

2.6 Dasar-Dasar Penggunaan Aplikasi Pada SolidWorks.

SOLIDWORKS adalah salah satu CAD *software* yang dibuat oleh DASSAULT SYSTEMES dimana *software* ini digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part permesinan yang berupa assembling dengan tampilan 3D untuk merepresentasikan part sebelum real part nya dibuat atau tampilan 2D (drawing) untuk gambar proses permesinan.

SolidWorks pertama kali diperkenalkan pada tahun 1995 sebagai pesaing untuk program CAD seperti Pro-ENGINEER, NX Siemens, I-Deas, Unigraphics, Autodesk Inventor, Autodeks AutoCAD dan CATIA. SolidWorks Corporation didirikan pada tahun 1993 oleh *Jon Hirschtick*, dengan merekrut tim insinyur profesional untuk membangun sebuah perusahaan yang mengembangkan perangkat lunak CAD 3D, dengan kantor pusatnya di Concord, Massachusetts, dan merilis produk pertama, **SolidWorks 95**, pada tahun 1995. Pada tahun 1997 **Dassault Systèmes**, yang terkenal dengan CATIA CAD software, mengakuisisi perusahaan dan sekarang ini memiliki 100% dari saham SolidWorks. SolidWorks dipimpin oleh John McEleney dari tahun 2001 hingga Juli 2007, dan sekarang dipimpin oleh Jeff Ray.

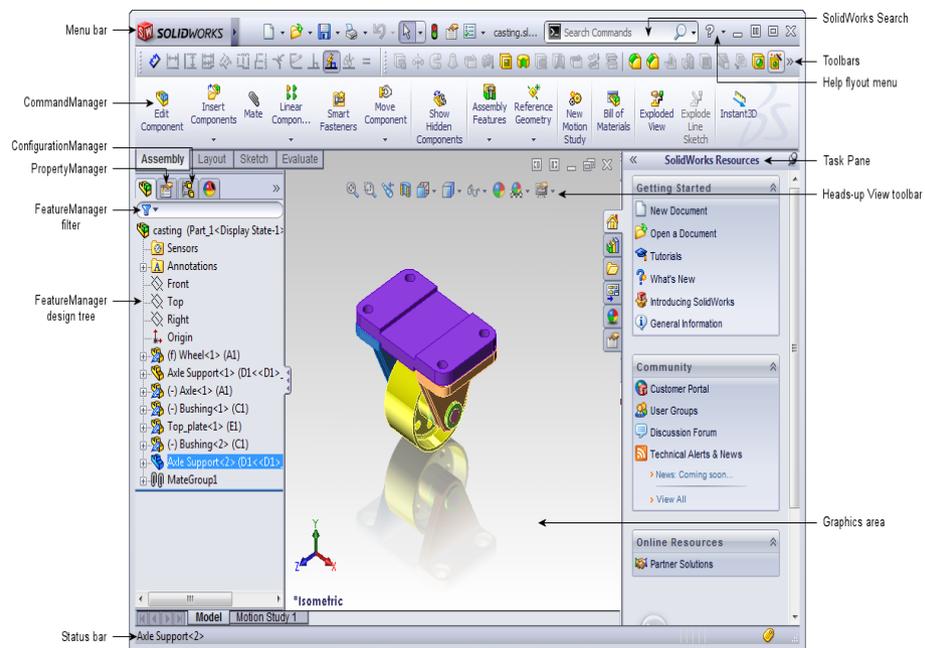
Saat ini banyak industri manufaktur yang sudah memakai software ini, menurut informasi WIKI, SolidWorks saat ini digunakan oleh lebih dari 3/4 juta insinyur dan desainer di lebih dari 80.000 perusahaan di seluruh dunia. Di Indonesia, dulu orang familiar dengan AUTOCAD untuk desain perancangan gambar teknik seperti yang penulis alami, tapi sekarang dengan mengenal SOLIDWORKS maka AUTOCAD sudah jarang saya pakai. Untuk permodelan pada industri pengecoran logam dalam hal pembuatan pattern nya, program program 3D seperti ini sangat membantu sebab akan memudahkan operator pattern untuk menterjemahkan gambar menjadi pattern/model casting pengecoran logam dan tentunya akan mengurangi kesalahan pembacaan gambar yang bisa mengakibatkan salah bentuk. Pada industri permesinan, selain dihasilkan gambar kerja untuk pengerjaan mesin manual juga hasil geometri dari dari suatu produk desain, aplikasi pada SolidWorks ini bisa secara langsung diproses dengan CAM program untuk membuat G Code yang dipakai untuk menjalankan proses permesinan automatic dengan CNC, software aplikasi CAM yang bisa digunakan antaralain :

- MASTERCAM
- SOLIDCAM
- VISUALMILL
- dan lain-lain.

Tahapan didalam membuat suatu pemodelan 3D menggunakan SolidWorks 2013, maka tahapan awal yang kita buat adalah membuat sketsa gambar dari obyek desain atau model yang akan kita buat. Proses pembuatan sketsa secara umum dilakukan pada bidang(Plane) Front Plane, Top Plane, dan Right Plane, atau bisa juga pada bidang tertentu lainnya tergantung kepada bagian fitur-fitur dari obyek desain yang akan kita buat.

Proses untuk melakukan proses peng-sketsaan menggunakan Sketch Entities atau Sketch Tools dapat dilakukan dengan tahapan proses sebagai berikut, SolidWorks interface dapat dilihat pada gambar 2.15

- Klik Sketch pada CommandManager untuk memunculkan Sketch Toolbar.



Gambar 2.15 SolidWorks interface.

Pada tahapan berikut, kita pertama kali harus mengenal fitur-fitur sketsa pada Sketch toolbar, diikuti oleh seluruh fitur-fitur entitas yang terdapat pada Sketch Toolbar. Pada Sketch Toolbar terdapat bermacam-macam perintah untuk memulai proses pengsketsaan antara lain :

-  Line
-  Corner Rectangle

-  Center Rectangle
-  3 Point Corner Rectangle
-  Parallelogram
-  Straight Slot
-  Centerpoint Straight Slot
-  3 Point Arc Slot
-  Centerpoint Arc Slot
-  Polygon
-  Circle
-  Perimeter Circle
-  Centerpoint Arc
-  Tangent Arc
-  3 Point Arc
-  Ellipse
-  Partial Ellipse
-  Parabola
-  Spline
-  Spline on Surface
-  Equation Driven Curve
-  Point
-  Centerline
-  Construction Geometry

-  Text
-  Plane
-  Sketch Fillet
-  Sketch Chamfer
-  Offset Entities
-  Convert Entities
-  Intersection Curve
-  Face Curves
-  Trim Entities
-  Extend Entities
-  Split Entities
-  Mirror Entities
-  Dynamic Mirror Entities
-  Move Entities
-  Rotate Entities
-  Scale Entities
-  Copy Entities
-  Stretch Entities
-  Linear Sketch Pattern
-  Circular Sketch Pattern
-  Make Path
-  Modify Sketch

-  No Solve Move
-  Sketch Picture

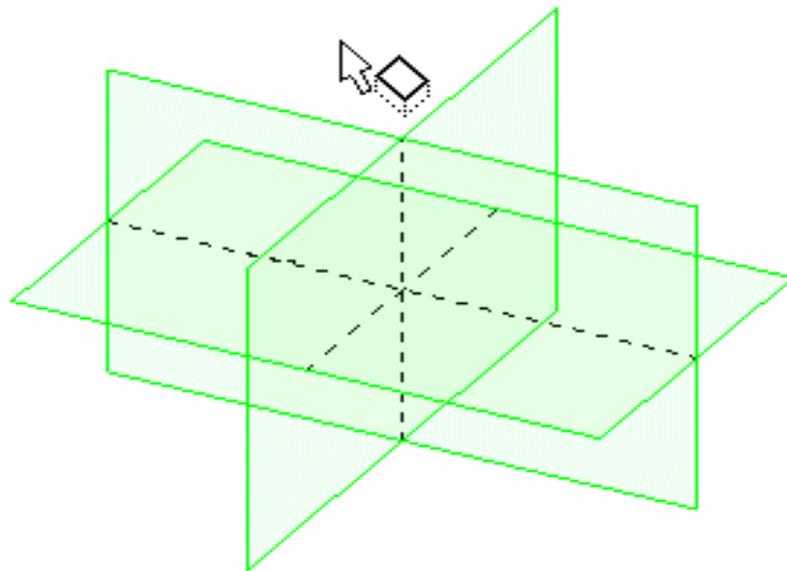
Didalam proses pembuatan sketsa, kita diminta untuk menentukan bidang (Plane) dimana kita akan memulai proses peng-sketsaan. Pada SolidWorks 2013 secara umum ada tiga bidang yang menjadi acuan bagi kita didalam membuat sketsa atau proses pemodelan yaitu :

Front,

Top

Right

Ketika kita meng-klik salah satu perintah pada Sketch Toolbar maka secara otomatis kita akan diminta untuk menentukan bidang (Plane) yang menjadi acuan. Didalam teori Mechanical Engineering Design Bidang acuan ini bisa diartikan sebagai bentuk pandangan dari suatu obyek desain. tampilan perintah yang diminta oleh program SolidWorks 2013 untuk menentukan bidang gambar sketsa dapat dilihat seperti pada gambar 2.16



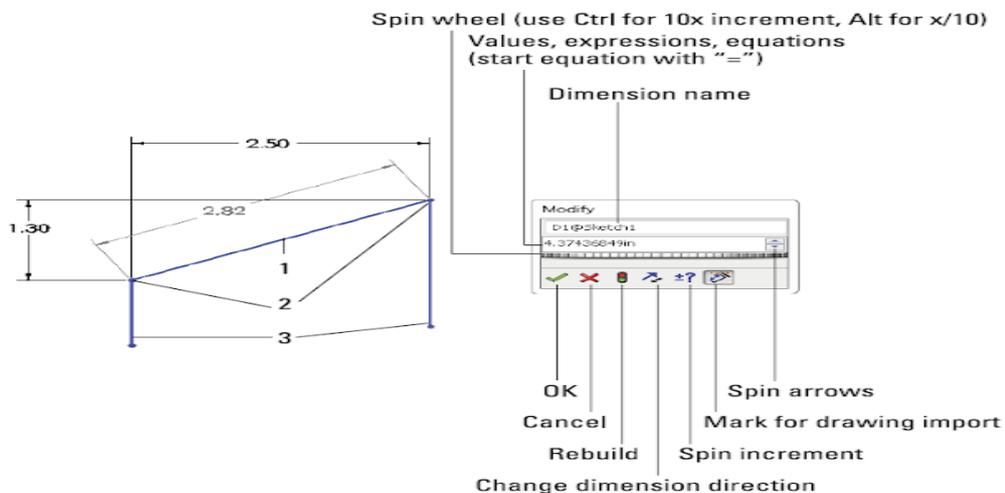
Gambar 2.16 Bidang Gambar (Plane) Pada Program SolidWorks

Setelah kita menentukan bidang gambar yang akan kita jadikan acuan maka kita sudah dapat memulai proses peng-sketsaan.

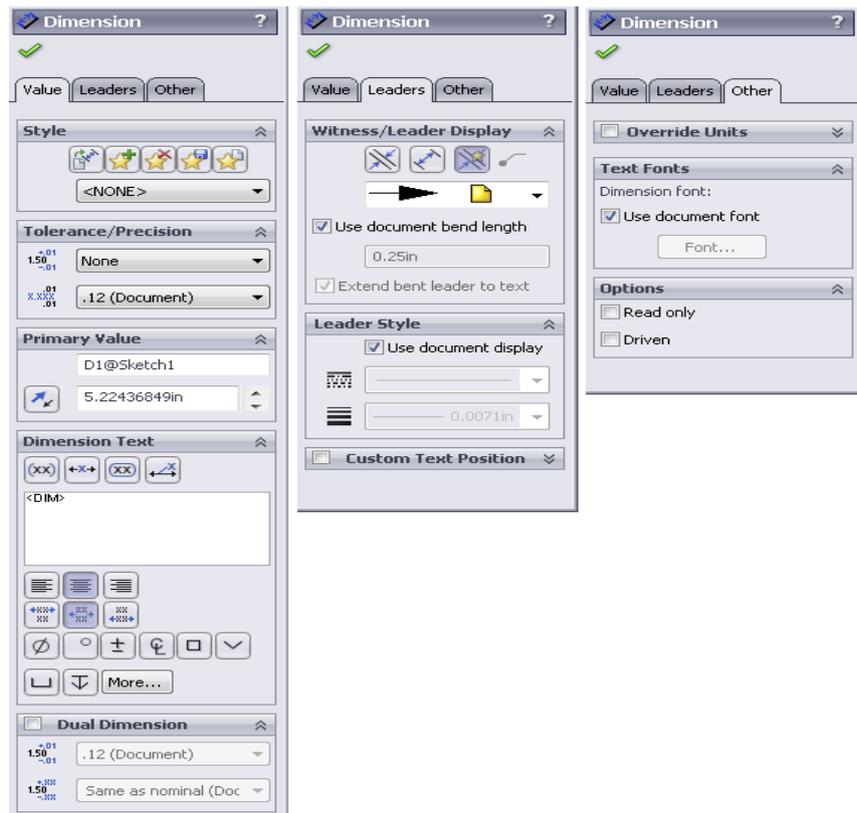
Proses sketsa dibagi kedalam dua bentuk yaitu :

- Sketsa dalam format 2D 
- Sketsa dalam format 3D 

Pada proses peng-sketsaan didalam format 2D kita menggunakan acuan sumbu x dan sumbu y didalam proses sketsa, sedangkan proses peng-sketsaan dalam format 3D kita menggunakan acuan tiga sumbu utama (x, y dan z) dalam proses sketsa. Proses peng-sketsaan selalu diikuti oleh tahapan pemberian dimensi dimana proses pemberian dimensi tersebut dapat kita lakukan dengan mengisi nilai dimensi pada kotak dialog *FeatureManager design tree* atau bisa juga dengan meng-klik *Smart Dimension*  pada *Sketch Toolbar* dan kemudian klik garis sketsa yang ingin diberikan nilai dimensi. aplikasi peng-sketsaan dan pen-dimensian dapat dilihat pada gambar 2.17



Gambar 2.17 Aplikasi Peng-Sketsaan Dan Pen-Dimensian



Gambar 2.18 Dimensioning Interface Yang Terdapat Pada Kotak Dialog Dimension

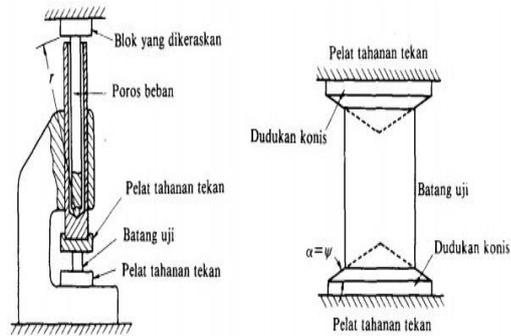
(Saryanto, H. "Part Design of Machine Elements". Dewangga Press, Jakarta. 2013).

2.7 Teori Uji Tekan Statik

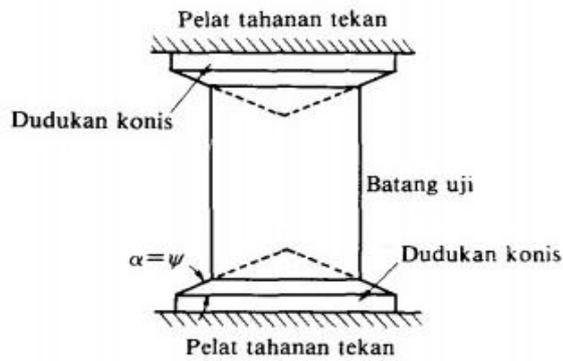
Pada umumnya kekuatan tekan lebih tinggi dari kekuatan tarik sehingga pada perencanaan cukup mempergunakan kekuatan tarik. Tetapi kalau suatu komponen hanya menerima beban tekan saja dan dirancang berdasarkan kekuatan tarik saja, kadang-kadang perhitungan menghasilkan dimensi yang berlebihan. Jadi dalam hal tersebut pengujian tekan masih diperlukan.

Pada pengujian tekan, apabila ada eksentrisitas, ia akan bertambah besar ketika deformasi berlangsung, maka perlu suatu cara agar tidak terjadi eksentrisitas, jadi hanya bekerja gaya aksial saja, menyatakan cara pengujian tekan yang disarankan oleh ASTM. Selanjutnya tegangan yang tepat sukar didapat karena batang uji berdeformasi menjadi bentuk tong disebabkan adanya gesekan antara landasan dan batang uji atau terjadi tekukan (buckling), karena itu

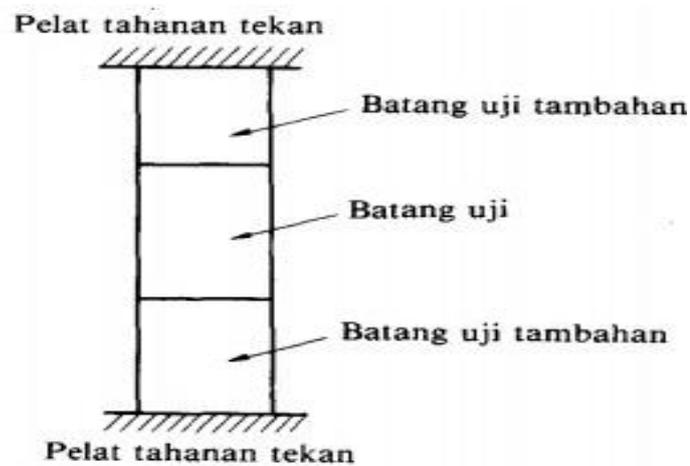
beberapa percobaan dibuat seperti ditunjukkan dalam Gb. 2.19 dan 2.20. Baru-baru ini diketemukan bahan yang baik terbuat dari keramik sebagai landasan dari silika, yang memberikan pengaruh.



Gambar 2.19 Pelat Tekan Konis

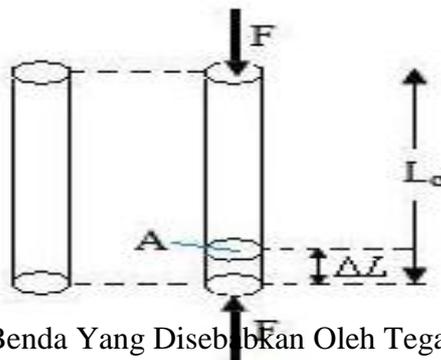


Gambar 2.20 Pelat Tekan Konis



Gambar 2.21 Pengujian Tekan Memakai Batang Uji Tambahan.

Tegangan tekan berlawanan dengan tegangan tarik. Jika pada tegangan tarik, arah kedua gaya menjauhi ujung benda (kedua gaya saling berjauhan), maka pada tegangan tekan, arah kedua gaya saling mendekati. Dengan kata lain benda tidak ditarik tetapi ditekan (gayagaya bekerja di dalam benda). Kekuatan tekan material adalah nilai tegangan tekan uniaksial yang mempunyai modulus kegagalan ketika saat pengujian. Perubahan bentuk benda yang disebabkan oleh tegangan tekan dinamakan mampatan. Misalnya pada tiang-tiang yang menopang beban, seperti tiang bangunan mengalami tegangan tekan. Kekuatan tekan biasanya diperoleh dari percobaan dengan alat pengujian tekan. Ketika dalam pengujian nantinya, spesimen (biasanya silinder) akan menjadi lebih mengecil seperti menyebar lateral. (Ismoyo,1999). Perubahan benda yang disebabkan tegangan tekan dapat dilihat pada gambar 2.22



Gambar 2.22 Perubahan Benda Yang Disebabkan Oleh Tegangan Tekan Aksial

$$L = L_0 - L_1$$

Dalam perancangan teknik yang sebenarnya sebagian besar kita bertumpu pada tegangan teknik. Pada kenyataannya, tegangan sebenarnya berbeda dengan tegangan teknik. Oleh sebab itu, material akibat beban tekan dapat dihitung dari penjelasan persamaan yang diberikan. Hal ini tentu saja karena perubahan luas penampang (A_0) dan fungsi dari luas penampang $A = \phi(F)$. (Callister:2003)

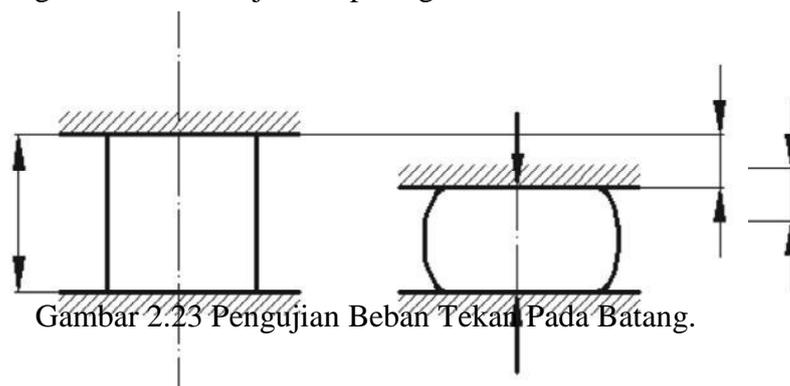
1. Perbedaan nilai deviasi tegangan dapat disimpulkan sebagai berikut:
Pada kompresi spesimen akan mengecil atau memendek. Material akan cenderung menyebar kearah lateral dan meningkatnya luas penampang
2. Pada uji tekan, spesimen dijepit pada ujung – ujungnya. Untuk alasan ini, timbul gaya gesekan yang akan menentang penyebaran lateral ini. Berarti

yang harus dilakukan untuk menghindari gaya gesekan ini harus dengan meningkatnya energi selama proses penekanan.

2.8 Respon Material Akibat Beban Tekan Statik

Mekanisme deformasi *polymericfoam* akibat beban tekan statik ditunjukkan oleh kurva tegangan-regangan. Pada uji tekan statik diperoleh tiga tingkatan respon yaitu: elastisitas linier (*bending*), *plateau* (*buckling* elastis), dan *densification*. Elastisitas linier ditandai oleh *bending* terhadap dinding rongga dan kemiringan (tegangan-regangan) awal atau modulus elastisitas diperoleh dari tingkatan ini. *Plateau* merupakan karakteristik respon yang terjadi setelah *polymericfoam* mengalami elastisitas linier ditandai dengan berlipatnya rongga-rongga *polymericfoam*. Pada saat rongga-rongga hampir terlipat seluruhnya dan dinding-dinding rongga menyatu mengakibatkan rongga-rongga menjadi lebih padat, tegangan normal tekan statik akan meningkat.

Untuk mengoptimalkan produk tersebut perlu diketahui karakteristik material penyusunnya akibat beban tekan statik. Karakteristik suatu spesimen harus terukur, untuk itu perlu suatu pengujian tekan statik agar karakteristik dapat diketahui. Karakteristik dapat diketahui dari respon yang dialami oleh material. Respon diakibatkan oleh adanya gangguan (*disturbance*) yang diberikan terhadap sebuah sistem, seperti: F (gaya), T (temperatur), dan lain-lain. Di dalam uji tekan statik, gaya yang diberikan ditunjukkan pada gambar 2.23



Berdasarkan respon yang ditunjukkan pada gambar dapat ditentukan respon mekanik berupa tegangan normal dan regangan akibat beban tekan statik.

Pertimbangan yang paling penting dalam upaya untuk mencegah terjadinya kegagalan desain suatu struktur adalah tegangan yang terjadi tidak melebihi dari

kekuatan material. Akan tetapi, ada banyak pertimbangan lain harus diperhatikan, misalnya: tegangan yang terjadi dalam jangka waktu yang lama (fatik), tegangan yang terjadi secara tiba-tiba (impak), dan lain sebagainya. Penyelidikan respon meliputi beberapa aspek, antara lain: respon material dan struktur terhadap pembebanan tertentu, mekanisme perubahan bentuk yang terjadi pada saat terjadinya beban maksimum, dan lain sebagainya.

Dalam penelitian ini terdapat bahan yang mengalami deformasi plastis jika terus diberikan tegangan dan bahan ini tidak akan berubah kebentuk semula. Biasanya material teknik terjadi pada daerah elastis yang hampir berimpitan dengan batas proporsionalistik.

Perubahan panjang ini disebut sebagai regangan teknik yang didefinisikan sebagai perubahan panjang yang terjadi akibat perubahan statik (L) terhadap panjang batang mula-mula (L_0). Tegangan yang dihasilkan pada proses ini disebut dengan tegangan teknik (σ_{eng}), dimana didefinisikan sebagai nilai pembebanan yang terjadi (F) pada suatu luas penampang awal (A_0). Tegangan normal tersebut akibat beban tekan statik dapat ditentukan berdasarkan persamaan.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

Regangan akibat beban tekan statik dapat ditentukan berdasarkan persamaan :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.2)$$

Pada prakteknya nilai hasil pengukuran tegangan pada suatu pengujian tarik dan tekan pada umumnya merupakan nilai teknik. Regangan akibat beban tekan yang terjadi, panjang akan menjadi berkurang dan diameter pada spesimen akan menjadi besar, maka ini akan terjadi deformasi plastis. = L

2.9 Dasar-Dasar Perpatahan.

Kegagalan dari bahan teknik hampir selalu tidak diinginkan terjadi karena beberapa alasan seperti membahayakan hidup manusia, kerugian dibidang ekonomi dan gangguan terhadap ketersediaan produk dan jasa. Meskipun

penyebab kegagalan dan sifat bahan mungkin diketahui, pencegahan terhadap kegagalan sulit untuk dijamin. Kasus yang sering terjadi adalah pemilihan bahan dan proses yang tidak tepat dan perancangan komponen kurang baik serta penggunaan yang salah. Menjadi tanggung jawab para insinyur untuk mengantisipasi kemungkinan kegagalan dan mencari penyebab pada kegagalan untuk mencegah terjadinya kegagalan lagi.

Patah sederhana didefinisikan sebagai pemisahan sebuah bahan menjadi dua atau lebih potongan sebagai respon dari tegangan static yang bekerja dan pada temperatur yang relative rendah terhadap temperatur cairnya. Dua model patah yang mungkin terjadi pada bahan teknik adalah patah liat (*ductile fracture*) dan patah getas (*brittle fracture*). Klasifikasi ini didasarkan pada kemampuan bahan mengalami deformasiplastik. Bahan liat (*ductile*) memperlihatkan deformasi plastic dengan menyerap energi yang besar sebelum patah. Sebaliknya, patah getas hanya memeperlihatkan deformasi plastik yang kecil atau bahkan tidak ada. Setiap proses perpatahan meliputi dua tahap yaitu pembentukan dan perambatan sebagai respon terhadap tegangan yang diterapkan. Jenis perpatahan sangat tergantung pada mekanisme perambatan retak (Callister, 2007).

BAB 3 TEMPAT DAN WAKTU

3.1. Tempat Dan Waktu

3.1.1. Tempat

Adapun tempat dilakukannya studi Analisis Ketahanan Material Blade Pada Turbin Angin Horizontal Axis Lima Blade dengan menggunakan software desain catia V5R19 serta mensimulasi menggunakan software Solidwork dilakukan dilaboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.2. Waktu

Penelitian ini berlangsung mulai dari bulan Januari tahun 2019 sampai dengan bulan Jul 2019.

Tabel 3.1 Timeline Kegiatan

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli
1	Pengajuan Judul Tugas Akhir Skripsi						
2	Studi Literatur						
3	Penyediaan Bahan dan Spesimen						
4	Pembuatan Spesimen						
5	Pelaksanaan Pengujian						
6	Penyelesaian Tugas Akhir Skripsi						

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Alat Penelitian

- Komputer

Spesifikasi Komputer yang digunakan dalam studi numerik ini adalah sebagai berikut :

1. Processor : Xeon CPU-E3-1246-V3@3.5GHz
2. Ram : 8 GB
3. Operation System : Product ID (Windows 7 Profesional 64 bit)
4. Display : NVIDIA Quardo K620
5. Harddisk : 1 TB
6. DVD Rom : Lenovo
7. Monitor : Lenovo L1 2054, 19.5 Inch Resolusi 1440 x 900
8. Keyboard : Lenovo

- Software Catia

Software catia yang sudah terinstal pada komputer adalah catia V5R19 64 bit yang didalamnya terdapat sketch gambar 3D. Dengan persyaratan system pada computer adalah sebagai berikut :

1. Processor : Xeon CPU-E3-1246-V3@3.5GHz
2. RAM : 8 GB
3. Disk Space : 5 GB or more

- Software Solidworks

Software Solidworks yang sudah terinstal pada komputer. Dengan persyaratan system pada computer adalah sebagai berikut :

1. Processor : Xeon [CPU-E3-1246-V3@3.5GHz](#)
2. RAM : 8 GB
3. Disk Space : 15 GB or more

- Cetakan Blade

Alat ini berfungsi sebagai cetakan untuk membuat blade dengan material komposit.



Gambar 3.1 Cetakan Blade

- Thermo – Anemometer

Alat ini digunakan untuk mengukur temperature dan juga dapat menghitung kecepatan angin selama penelitian berlangsung.



Gambar 3.2 Thermo – Anemometer

- Tachometer

Alat ini berfungsi untuk mengukur kecepatan



Gambar 3.3 Tachometer

3.2.2. Bahan Penelitian

- Tepung Adeka

Tepung ini berfungsi untuk melapisi permukaan benda kerja agar tidak menempel pada serat resin.



Gambar 3.4 Tepung Adeka

- Resin

Resin adalah zat kimiawi yang bersifat agak kental, cenderung transparan, tidak larut dalam air, mudah terbakar dan akan mengeras dengan cepat.



Gambar 3.5 Resin

- Katalis
Katalis adalah cairan yang membantu proses pengerasan pada resin.



Gambar 3.6 Katalis

- Serat Kaca (fiberglass)
Serat kaca adalah salah satu jenis bahan yang memiliki keunggulan yaitu kuat namun tetap ringan.



Gambar 3.7 Serat Kaca (fiberglass)

- Lem Perekat

Lem perekat berfungsi sebagai zat perekat dalam pembuatan mall blade.



Gambar 3.8 Lem Perekat

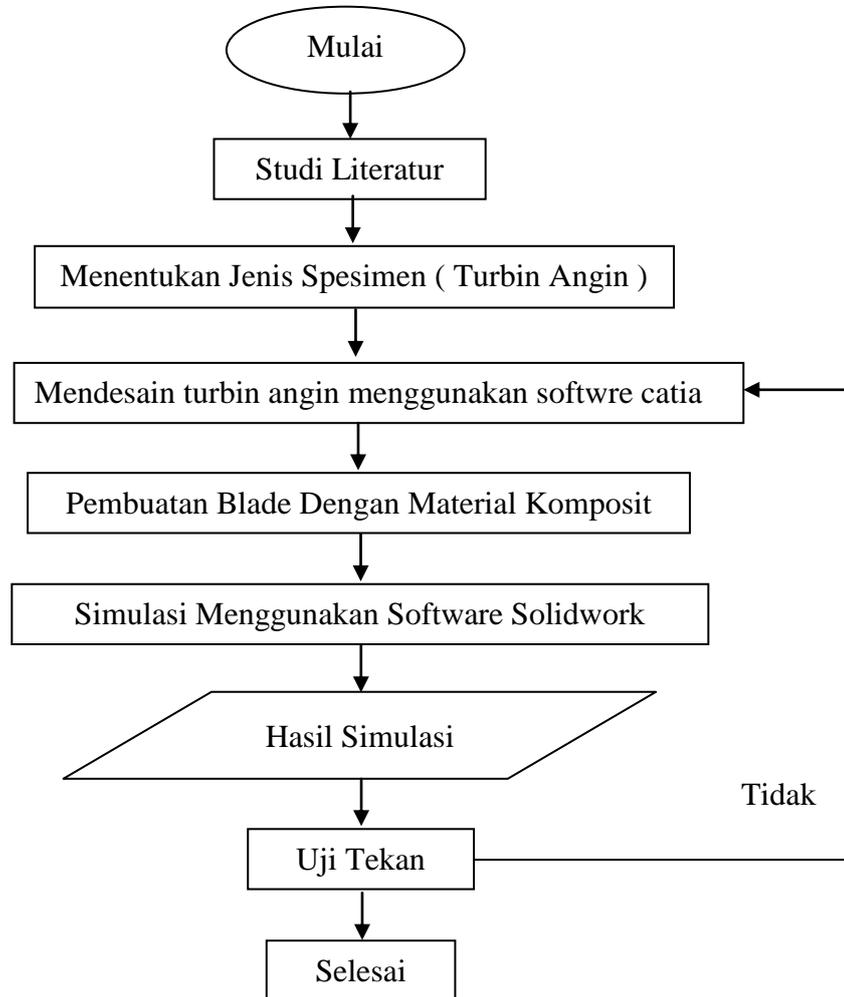
- Pipa Besi

Pipa besi digunakan sebagai dudukan unit turbin angin.



Gambar 3.9 Pipa Besi

3.3 Diagram Alir Penelitian



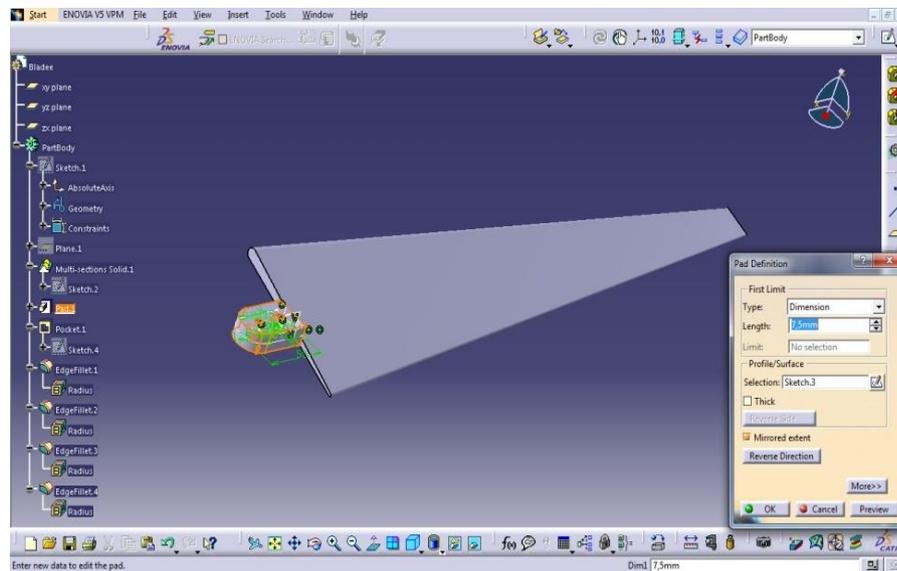
Gambar 3.10 Bagan Alir Penelitian

3.4. Prosedur Pembuatan Desain Turbin Angin

Dalam pembuatan desain turbin angin ini peneliti memilih turbin angin yang dirakit kelompok penelitian ini sebagai acuan untuk ukuran-ukuran yang dipakai dalam proses desain turbin angin menggunakan software catia.

3.4.1 Proses Desain Blade Turbin Angin

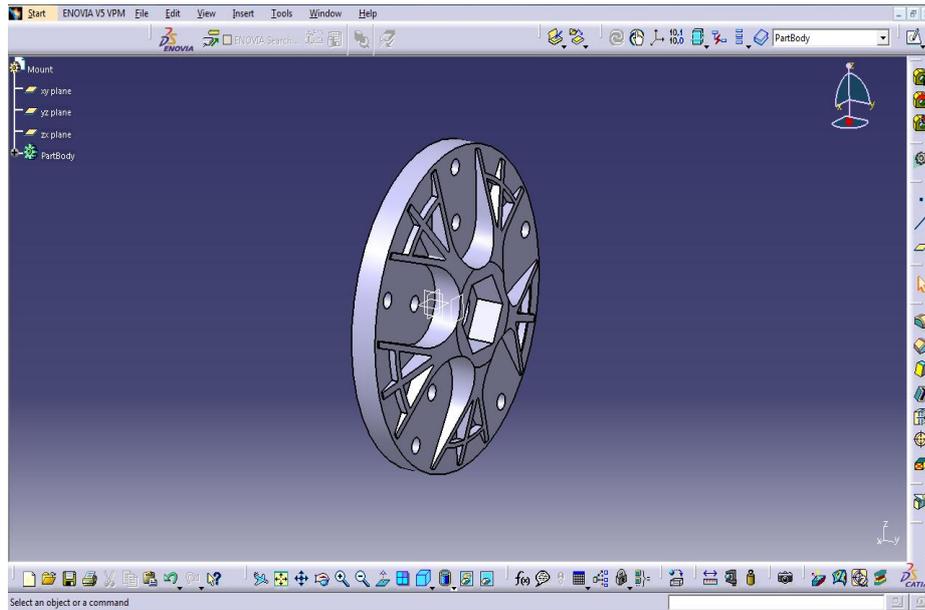
Blade ini berperan sebagai perubah energy dari hembusan angin menjadi energi putar sehingga menggerakkan rotor yang ada pada generator sehingga dapat menghasilkan energy listri kakibat dari gaya magnet ataupun induksi yang terjadi pada generator tersebut, blade dapat dilihat pada gambar 3.11



Gambar 3.11 Blade Turbin angin

3.4.2 Pembuatan Desain Hub

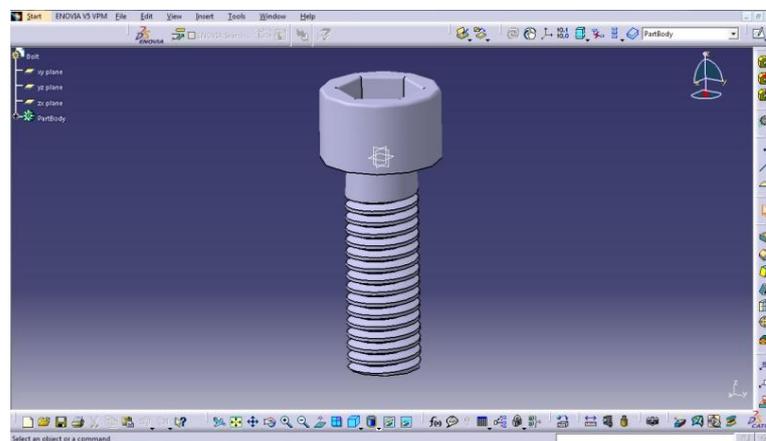
Hub adalah bagian dari turbin angin yang berperan sebagai dudukan tempat menempelnya 5 buah sudu dengan posisi sudut yang merata, hub dapat dilihat pada gambar 3.12



Gambar 3.12 Hub

3.4.3 Desain Baut

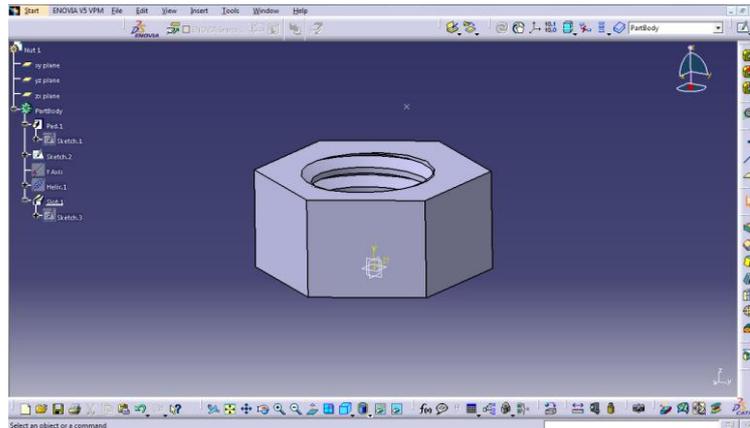
Baut disini berfungsi untuk mengikat blade ke Hub, baut dapat dilihat pada gambar 3.13



Gambar 3.13 Baut

3.4.4 Desain Mur

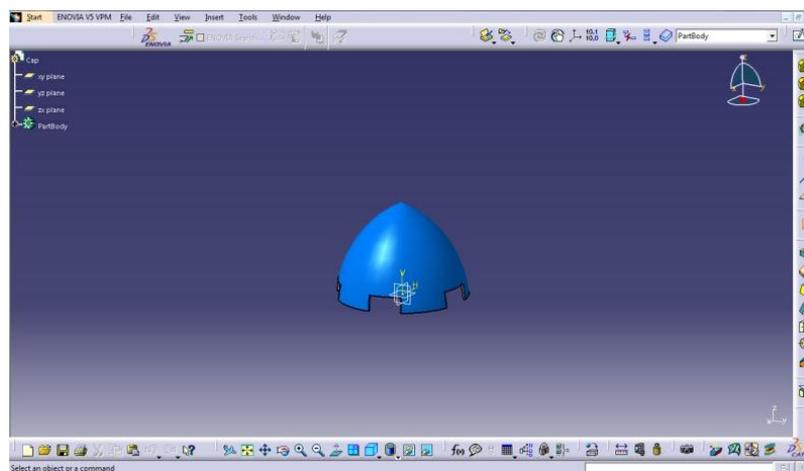
Mur berfungsi sebagai pasangan baut untuk mengikat blade dengan hub, mur dapat dilihat pada gambar 3.14



Gambar 3.14 Mur

3.4.5 Desain Cap (Tutup)

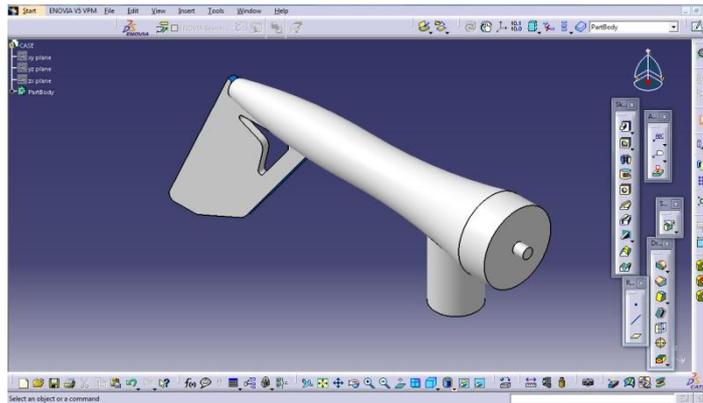
Cap disini berfungsi untuk menutup komponen seperti baut blade, cap dapat dilihat pada gambar 3.15



Gambar 3.15 Cap

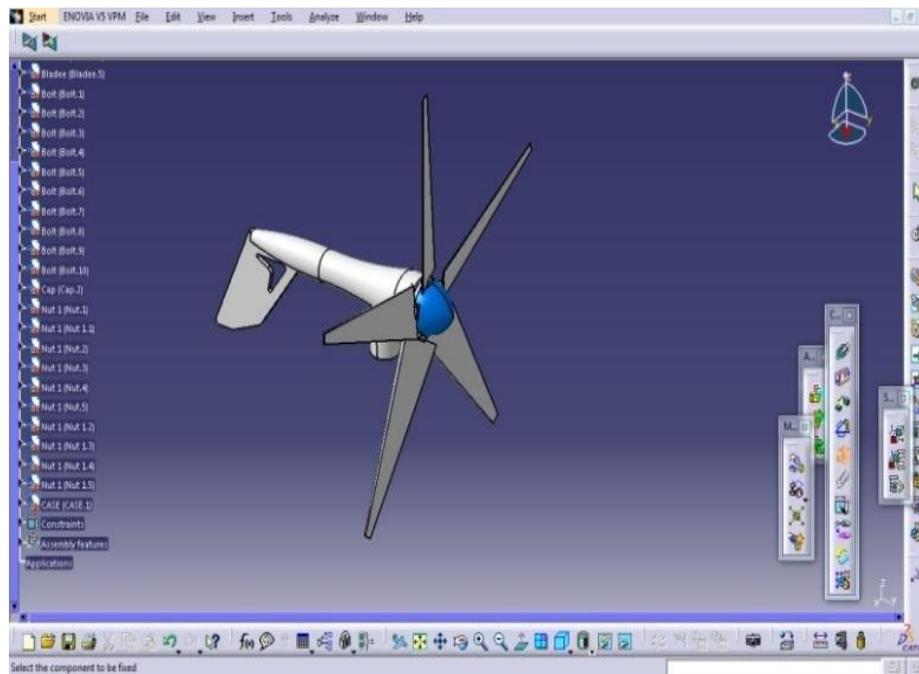
3.4.6 Desain Rumah Generator

Komponen ini merupakan komponen yang paling besar diantara komponen turbin yang lainnya, karena komponen ini digunakan sebagai dudukan generator, rumah generator dapat dilihat pada gambar 3.16



Gambar 3.16 Rumah Generator

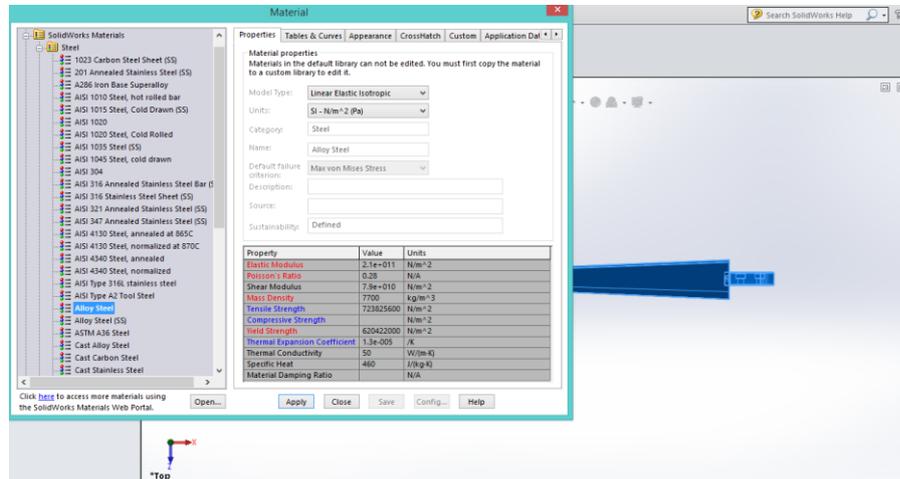
3.4.7 Penggabungan Desain Dari Beberapa Part Menjadi Sebuah Produk, unit turbin angin dapat dilihat pada gambar 3.17



Gambar 3.17 Unit Turbin Angin

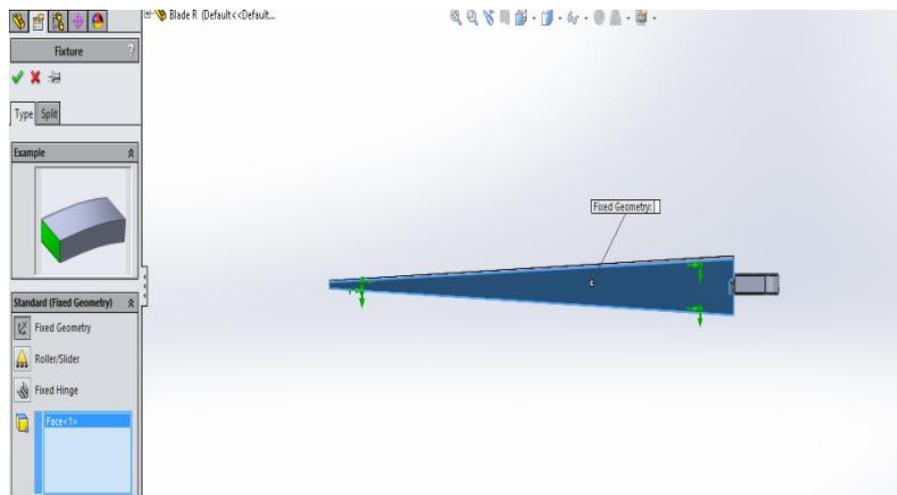
3.5 Prosedur Simulasi Blade Turbin Angin

3.5.1 Proses Menentukan Material Properties, proses menentukan material dapat dilihat pada gambar 3.18



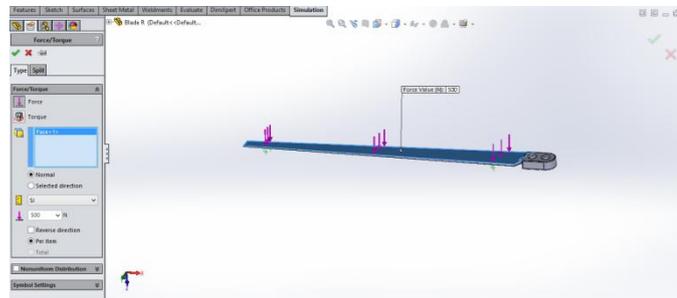
Gambar 3.18 Tampilan Material Properties

3.5.2 Proses Menentukan Titik Tumpuan (Fixed Geometry), proses menentukan titik tumpu dapat dilihat pada gambar 3.19



Gambar 3.19 Tampilan Ketika Memilih Titik Tumpu

3.5.3 Proses Menentukan Titik dan Arah Pembebanan, titik dan arah pembebanan dapat dilihat pada gambar 3.20



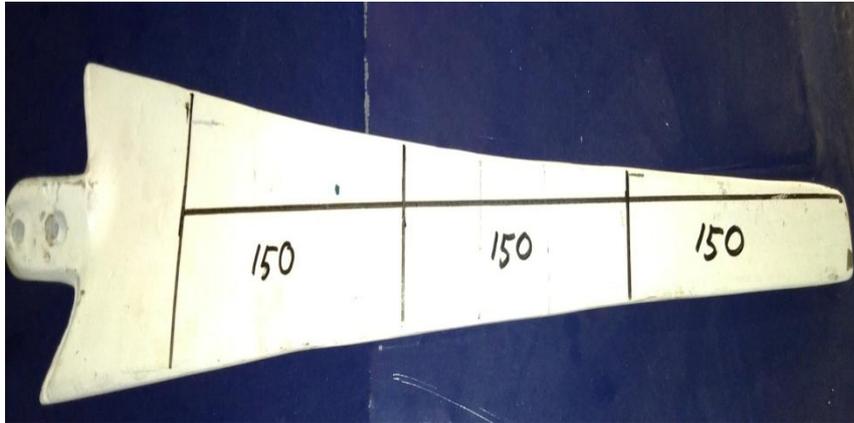
Gambar 3.20 Tampilan Ketika Memilih Titik dan Arah Pembebanan

3.6 Proses Uji Tekan Pada Spesimen Blade Turbin

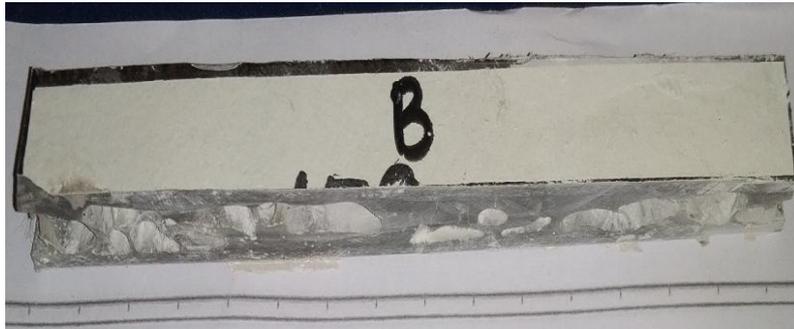
Dilakukan proses pengujian tekan terhadap spesimen blade turbin angin, setiap bagiannya untuk di lakukan uji tekan dan proses pengujiannya dapat di lihat pada uji tekan specimen pada gambar 3.21



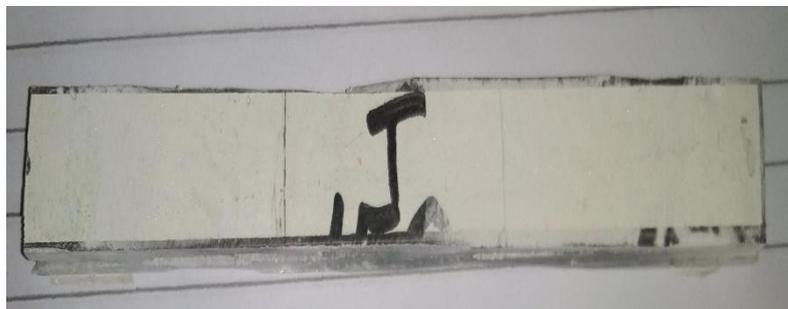
Gambar 3.21 Uji Tekan Spesimen



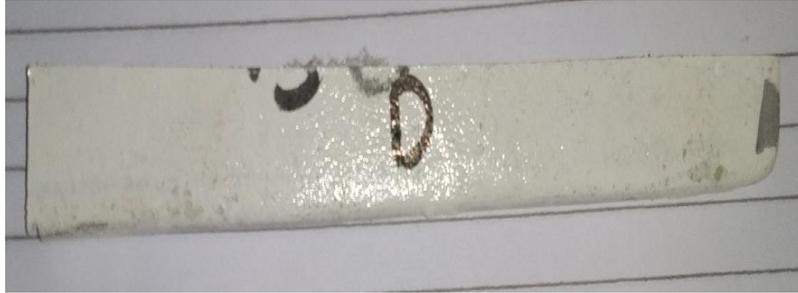
Gambar 3.22 Blade Utuh Sebelum Dibagi Menjadi Tiga Bagian



Gambar 3.23 Spesimen Bagian Belakang Blade Turbin



Gambar 3.24 Spesimen Bagian Tengah Blade Turbin



Gambar 3.25 Spesimen Ujung Tengah Blade Turbin

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Blade Turbin Angin

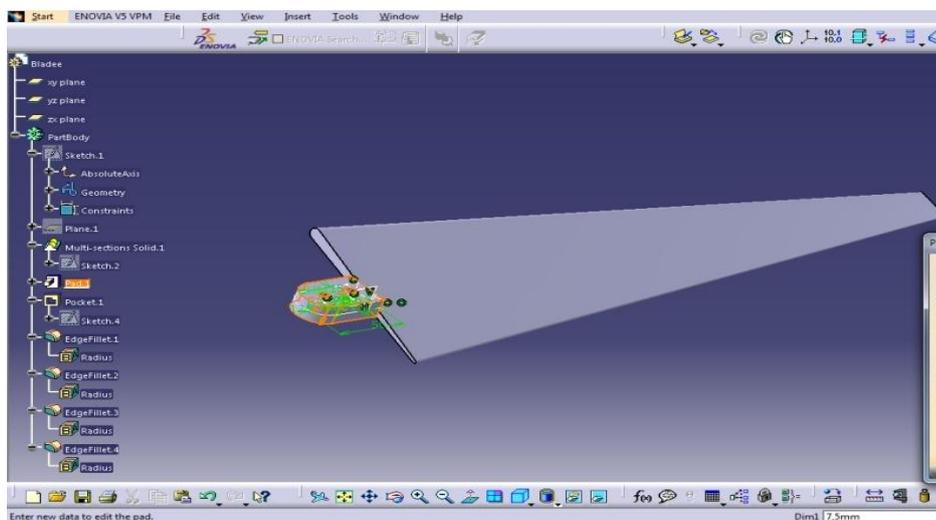
Spesimen blade turbin angin dibuat dengan bahan resin, katalis, dan fiberglass (serat kaca) dengan ukuran panjang total 58 cm, dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Hasil Pembuatan Spesimen

4.2 Hasil Desain Blade Turbin Angin

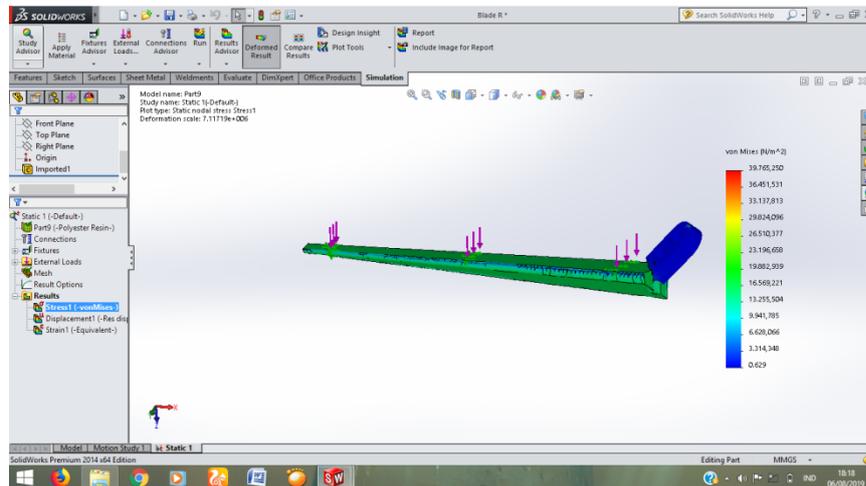
Spesimen blade turbin angin didesain dengan software CATIA dan hasil desain turbin angin dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Gambar hasil Desain Spesimen Blade Turbin Angin

4.3 Hasil Simulasi Blade Turbin Angin

Dari gambar dibawah dapat diperoleh data hasil dari simulasi blade turbin angin dengan pembebanan pengujian sebesar 500 Newton, tegangan maksimal yang bekerja pada blade adalah sebesar 39.765 N/m^2



Gambar 4.3 Hasil Simulasi Blade Turbin Angin

4.4 Hasil Pengujian Spesimen

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dimana pengujian yang dilakukan menggunakan bahan komposit serat kaca dengan metode uji tekan menggunakan mesin uji tekan statik ASTM di laboratorium Mekanika Kekuatan Material Prodi Teknik Mesin UMSU, berikut tiga gambar sample spesimen setelah di lakukan pengujian.

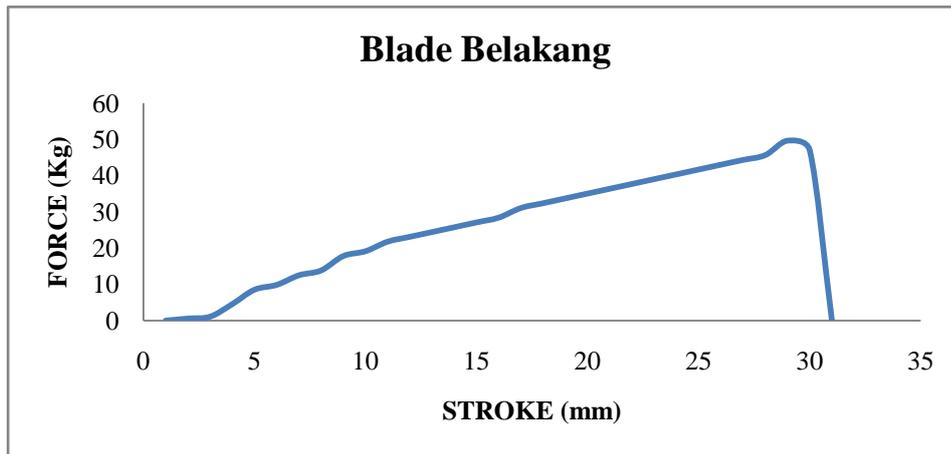
4.4.1 Hasil Sample Spesimen Blade Bagian Belakang Yang Telah Diuji Tekan



Gamabar 4.4 Sample Spesimen Blade Bagian Belakang

4.4.2 Hasil Grafik Dari Pengujian Tekan Statik Sample Spesimen Bagian Belakang Blade

Setelah dilakukan pengujian tekan pada sample spesimen bagian belakang blade dengan ukuran panjang 150 mm, lebar 15 mm dan tinggi 7 mm. Di dapat nilai beban tekan force 49 kg dan stroke 29 mm, yang dapat di lihat pada gambar grafik 4.5



Gambar 4.5 Hasil Grafik Pengujian Sample Bagian Belakang Blade

4.4.3 Hasil Sample Spesimen Blade Bagian Tengah Yang Telah Diuji Tekan

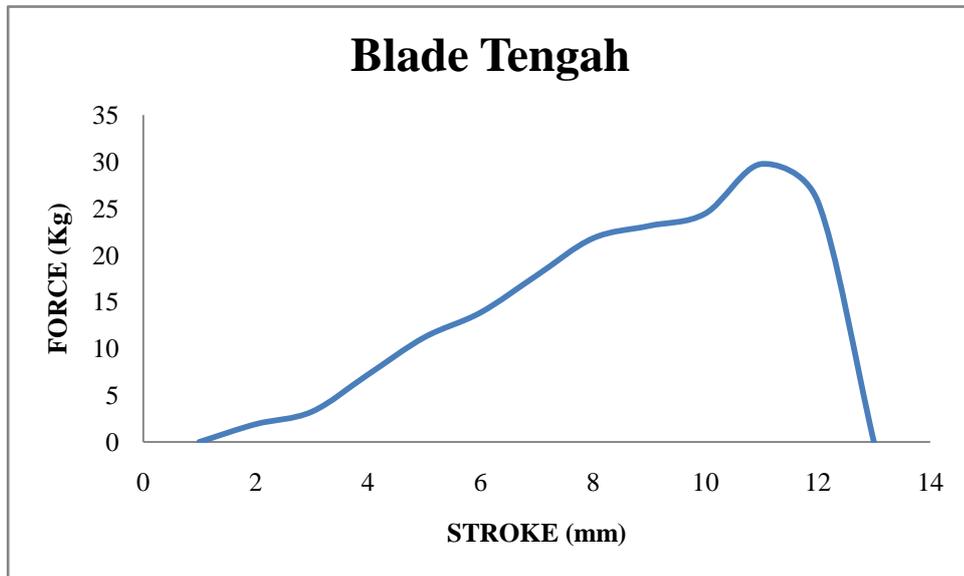


Gambar 4.6 Sample Spesimen Blade Bagian Tengah

4.4.4 Hasil Grafik Dari Pengujian Tekan Statik Sample Spesimen Bagian Tengah Blade

Setelah dilakukan pengujian tekan pada sample spesimen bagian belakang blade dengan ukuran panjang 150 mm, lebar 15 mm dan tinggi 7 mm. Di dapat

nilai beban tekan force 29 kg dan stroke 11 mm yang dapat di lihat pada gambar grafik 4,7 di bawah ini



Gambar 4.7 Hasil Grafik Pengujian Sample Bagian Tengah Blade

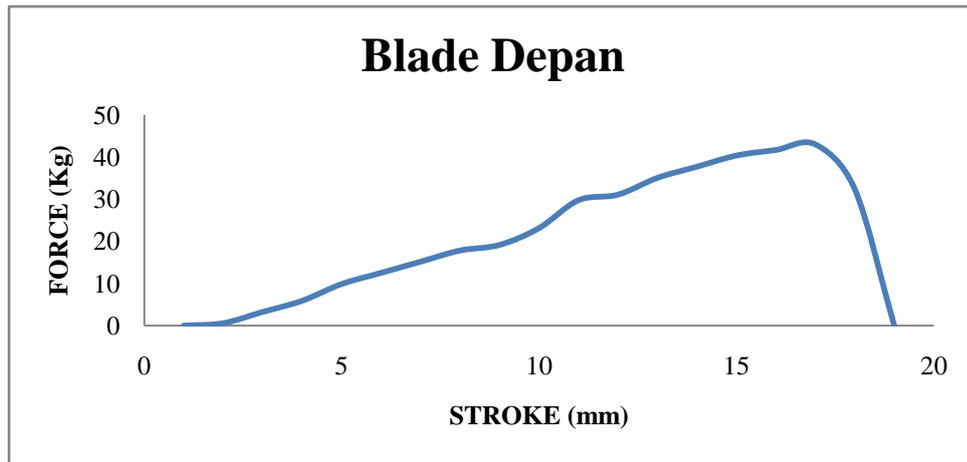
4.4.5 Hasil Sample Spesimen Blade Bagian Depan Yang Telah Diuji Tekan



Gambar 4.8 Sample Spesimen Blade Bagian Depan

4.4.6 Hasil Grafik Dari Pengujian Tekan Statik Sample Spesimen Bagian Depan Blade

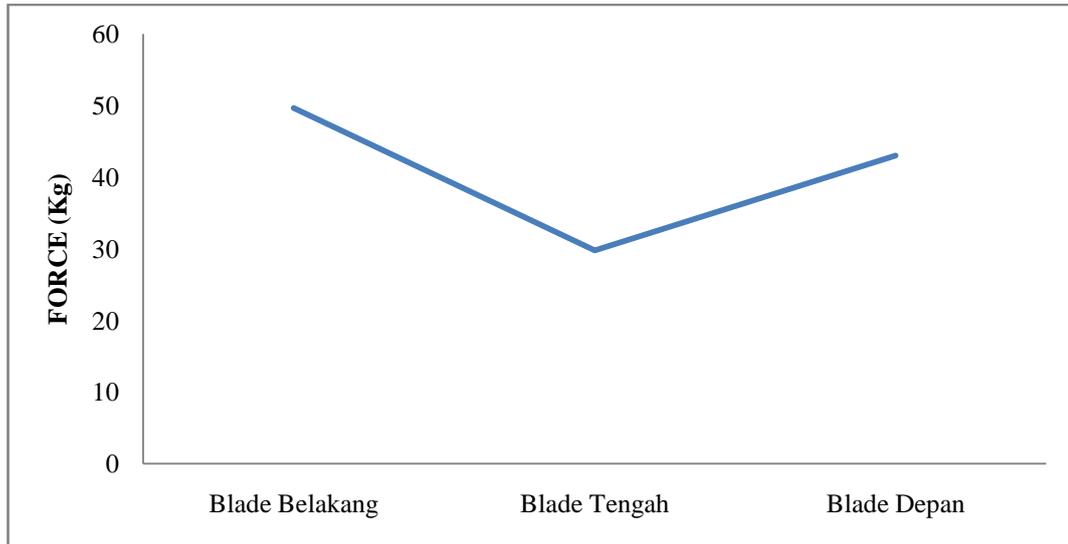
Setelah dilakukan pengujian tekan pada sample spesimen bagian belakang blade dengan ukuran panjang 150 mm, lebar 15 mm dan tinggi 7 mm. Di dapat nilai beban tekan force 43 kg dan stroke 17 mm yang dapat di lihat pada gambar grafik 4,9



Gambar 4.9 Hasil Grafik Pengujian Sample Bagian Depan Blade

4.5 Hasil Perbandingan Force (Kg) Ketiga Sample Blade

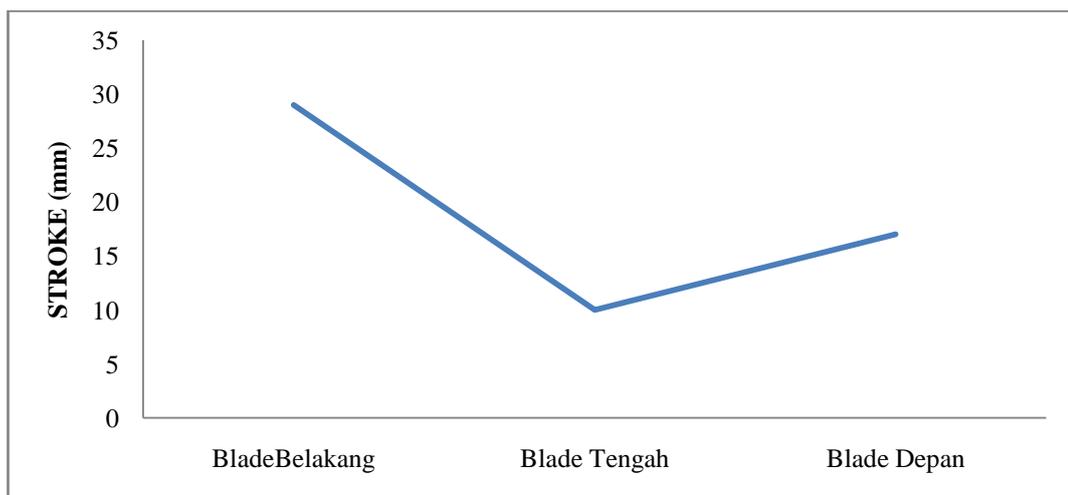
Berikut di bawah ini adalah hasil perbandingan Force keseluruhan ketiga sample spesimen blade, blade belakang 49 Kg, blade tengah 29 Kg, blade depan 43 Kg.



Gambar 4.10 Hasil Perbandingan Force (Kg) Ketiga Sample Blade

4.6 Hasil Perbandingan Stroke (mm) Ketiga Sample Blade

Berikut di bawah ini adalah hasil perbandingan stroke keseluruhan ketiga sample spesimen blade, blade belakang 29 mm, blade tengah 11 mm, blade depan 17 mm.



Gambar 4.11 Hasil Perbandingan Stroke (mm) Ketiga Sample Blade

4.7 Hasil Perhitungan Kekuatan Material

1. Hasil Perhitungan Tegangan Sample Blade Bagian Belakang

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{500 \text{ N}}{150 \text{ mm}} = 0.00015 \text{ m}^2 \\ &= 33,33 \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

2. Hasil Perhitungan Regangan Sample Blade Bagian Belakang

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{150 \text{ mm}}{121 \text{ mm}} \\ &= 1,239 \text{ mm}\end{aligned}$$

3. Hasil Perhitungan Tegangan Sample Blade Bagian Tengah

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{500 \text{ N}}{150 \text{ mm}} = 0.00015 \text{ m}^2 \\ &= 33,33 \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

4. Hasil Perhitungan Regangan Sample Blade Bagian Tengah

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{150 \text{ mm}}{139 \text{ mm}} \\ &= 1,079 \text{ mm}\end{aligned}$$

5. Hasil Perhitungan Tegangan Sample Blade Bagian Depan

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{500 \text{ N}}{150 \text{ mm}} = 0.00015 \text{ m}^2 \\ &= 33,33 \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

4. Hasil Perhitungan Regangan Sample Blade Bagian Depan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{150 \text{ mm}}{133 \text{ mm}} \\ &= 1,127 \text{ mm}\end{aligned}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil kesimpulan penelitian ketahanan material blade pada turbin angin dengan melakukan proses simulasi pada software solid works dan pengujian tekan dengan mesin uji tekan statik ASTM. Didapatkan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Bahwa proses uji simulasi yang di lakukan dengan software solid works adalah uji tekan simulasi, dan mendapatkan nilai uji tekan simulasi sebagai berikut :
 - a. Hasil dari proses pembebanan sebesar = 500 Newton
 - b. Hasil dari proses tegangan maksimal yang bekerja pada blade sebesar = $39,765 \text{ N/m}^2$
2. Pada pengujian tekan yang di lakukan dengan mesin uji tekan statik ASTM dengan proses pengujian yaitu spesimen blade di bagi menjadi tiga sample dan mendapatkan nilai uji tekan sebagai berikut :
 - a. Hasil dari pengujian sample bagian belakang blade sebesar 49 (kg) untuk force dan stroke sebesar 29 (mm)
 - b. Hasil dari pengujian sample bagian tengah blade sebesar 29 (kg) untuk force dan stroke 11 (mm)
 - c. Hasil dari pengujian sample bagian depan blade sebesar 43 (kg) untuk force dan stroke 17 (mm)

5.2 Saran

1. Penulis menyarankan untuk mempelajari komponen – komponen yang ada dalam software catia dan solidworks agar dapat dimengerti apa saja yang ingin di kerjakan saat proses mendesain dan simulasi pada software tersebut
2. Diharapkan agar melengkapi peralatan yang cukup memadai untuk melakukan penelitian tentang desain dan simulasi seperti software

catia dan solidworks baik dari komputer di laboratorium prodi teknik mesin UMSU

3. Penulis menyarankan untuk perlunya dikaji ulang dalam pengoprasian mesin uji tekan statik ASTM

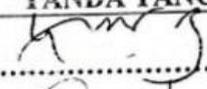
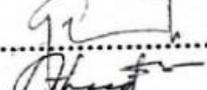
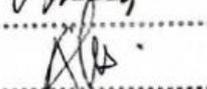
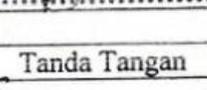
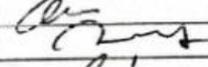
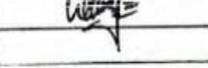
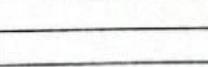
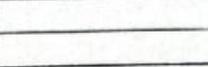
DAFTAR PUSTAKA

- Astu Pudjanarso, (2006). Kincir Angin. Denmark. Hal. 21
- Callister, (2007). Dasar-dasar Perpatahan
<https://id.m.wikipedia.org/wiki/>. Jenis – Jenis Turbin Angin, Di Akses Tanggal 17
Desember 2018
- Ismoyo, (1999). Ketika dalam pengujian nantinya, spesimen (biasanya silinder)
akan menjadi lebih mengecil seperti menyebar lateral.
- Mahmuda, (2013) Bahan Komposit Matriks Resin
Berpenguat Serat Kaca Jurnal Teknik Mesin , Universitas Negeri Malang.,
no.2
- Matthews & Rawlings, (1994). Komposit
- Munandar, (2013) serat yang digunakan tidak hanya serat sintetis (*fiber-glass*)
tetapi juga serat alami (*natural fiber*). Vol 52
- Saryanto, H (2013). "Part Design of Machine Elements". Dewangga Press,
Jakarta.
- Yuris Setyoadi dan Khoiriya Latifah, (2015) . Perangkat Lunak Untuk Mendesain
Vol.149-153

LAMPIRAN

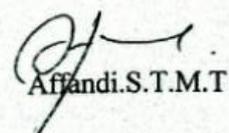
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 - 2019**

Peserta Seminar
 Nama : Sandi Yoga Sahaf
 NPM : 1307230173
 Judul Tugas Akhir : Analisis Ketahanan Material Biade Pada Turbin Angin
 Horizontal Axis Lima Biade.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing - I	: Munawar A Siregar,S.T.M.T	:	
Pembimbing - II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:	
Pemanding - I	: Ahmad Marabdi Srg,S.T.M.T	:	
Pemanding - II	: Sudirman Lubis.S.T.M.T	:	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1207230205	Maklu KFDLLD	
2	1507230010	Fery Hardiansyah	
3	1507230012	Billy WINTANA PUTRA	
4	1307230100	Reni Juliansyah	
5	1307230112	Wanda Tirta	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 06 Muharram 1440 H
07 September 2019 M

Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Sandi Yoga Sahaf
NPM : 1307230173
Judul T.Akhir : Analisis Katabanan Material Biade Pada Turbin Angin Harizon-
Tal Axis Lima Biade .

Dosen Pembimbing - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

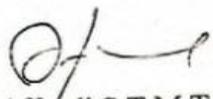
- Perbaiki grade
- tamba data pustaka
- Perbaiki tabel 1.1 dan figure 1.2

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

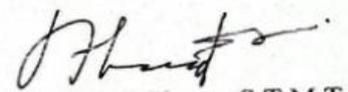
.....
.....
.....
.....

Medan 06 Muharram 1440H
07 September 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I


Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Sandi Yoga Sahaf
NPM : 1307230173
Judul T.Akhir : Analisis Katahanan Material Biade Pada Turbin Angin Harizon-
Tal Axis Lima Biade .

Dosen Pembimbing - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T

KEPUTUSAN

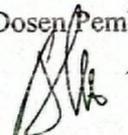
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - pastikan kembali kesesuaian judul, tujuan, metode, hasil dan kesimpulan
 - perbaiki diagram alir
 - perbaiki prosedur
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 06 Muharram 1440H
07 September 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II


Sudirman Lubis.S.T.M.T

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Sandi yoga sahaf
 NPM : 1307230173

Dosen Pembimbing 1 : Munawar Alfansury, S.T., M.T
 Dosen Pembimbing 2 : Chandra A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Rabu / 24 okt 2018	Revisi bab 1	<i>[Signature]</i>
2.	Rabu / 21 Nov 2018	Revisi bab 1. 1. Latar belakang 2. Rumusan masalah	<i>[Signature]</i>
3.	Jumat / 07 Des 2018	Revisi bab 1,2 • Penambahan	<i>[Signature]</i>
4.	Kamis / 20 Desember 2018	Lanjut Pemb. II	<i>[Signature]</i>
5.	Senin / 1 Juli 2019	Perbaiki bab III	<i>[Signature]</i>
6.	Jumat / 26 Juli 2019	Studi literatur	<i>[Signature]</i>
7.	Kamis / 1 agst 2019	Diagram alir.	<i>[Signature]</i>
8.	Selasa 13 Agustus 2019	Tambahan perhitungan kembali materi pada bab IV	<i>[Signature]</i>
9.	Kamis 15 Agustus 2019.	All seminar kembali ke pembimbing I	<i>[Signature]</i>

Dapat di Seminar dan *[Signature]* 16/8-2019

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : SANDI YOGA SAHAF
NPM : 1307230173
Tempat /Tanggal Lahir : Medan, 23 September 1992
Agama : Islam
Alamat : Jln. Banten pasar,4 Helvetia
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Anak Ke : 3 Dari 3 Bersaudara
No. Hp : 0813-7518-5008
Telp : -
Setatus Perkawinan : Belum Menikah
Email : sandiyoga787@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Alm. Muhammad Safran
Ibu : Hafsah

PENDIDIKAN FORMAL

1999 – 2005 : SDN 105297 Labuhan Deli
2005 – 2008 : SMP SWASTA SINAR HUSNI Labuhan Deli
2008 – 2012 : SMA SWASTA KRAKATAU Medan
2013 – 2019 : UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA
UTARA