

PROSES PEMBUATAN BILAH TIPE TEPERLES DENGAN AIROFOIL NACA 4418 PADA HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE (HAWT) DI PT. LENTERA BUMI NUSANTARA

The process of making taperless type blades with NACA 4418 pada horizontal AXIS wind Turbine (HAWT) at Lentera Bumi Nusantara

Muhamad Jamil Akbar Saputra¹, Iwan Nugraha Gusniar²

¹Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

e-mail: 1810631150160@student.unsika.ac.id

Abstrak

Energi angin merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarukan yang ramah lingkungan. Di Indonesia angin sangat potensial untuk dimanfaatkan, mengingat kebutuhan energi listrik yang meningkat yang berkebalikan dengan ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin menipis dan juga efek buruknya terhadap lingkungan. Untuk mengonversi energi angin menjadi energi listrik membutuhkan teknologi yang bernama turbin angin atau kincir angin. PT. Lentera Bumi Nusantara (LBN) yang terletak di desa Ciheras, Cipatujah, Tasikmalaya, Jawa Barat mengembangkan salah satunya tentang energi terbarukan khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) skala mikro. Bilah yang digunakan di LBN ada dua jenis yaitu taper dan taperless. Dalam laporan ini akan mencoba menganalisis performa tipe airfoil yaitu NACA 4418 untuk turbin angin tipe horizontal dengan jenis bilah taperless, skala mikro dengan daya 500 Watt menggunakan software Q-blade di Ciheras, PT. Lentera Bumi Nusantara.

Kata kunci: Bilah Teperles, Wind Turbine, Airofoil Naca 4418

Abstract

Wind energy is a renewable alternative energy source that is environmentally friendly. In Indonesia, wind has the potential to be exploited, considering the increasing need for electrical energy which is in contrast to the dwindling availability of fossil fuels and also the bad effects on the environment. To convert wind energy into electrical energy requires a technology called a wind turbine or windmill. PT. Lentera Bumi Nusantara (LBN), which is located in the village of Ciheras, Cipatujah, Tasikmalaya, West Java, is developing one of them on renewable energy, especially micro-scale Wind Power Plants (PLTB). There are two types of blades used in LBN, namely taper and taperless. In this report, we will try to analyze the performance of the airfoil type, namely NACA 4418 for horizontal type wind turbines with taperless blade types, micro scale with 500 Watt power using Q-blade software at Ciheras, PT. Archipelago Earth Lantern.

Keywords: Taperles Blades, Wind Turbine, Airofoil Naca 4418

1. PENDAHULUAN

PT Lentera Bumi Nusantara percaya bahwa energi, makanan dan air merupakan tiga kebutuhan yang penting bagi dunia. Oleh karena itu, semua penelitian, pengembangan dan perdagangan perusahaan difokuskan kepada peningkatan dan pemenuhan kebutuhan ketiga sektor tersebut.

Pada tahun 2011, Ricky Elson sebagai pendiri Lentera Angin Nusantara (LAN) yang merupakan perusahaan awal sebelum terbentuknya LBN. Ricky Elson adalah pemuda kelahiran Padang, Sumatra Barat, 11 Juni 1980. Dia merupakan seorang teknokrat yang ahli dalam bidang teknologi motor penggerak listrik dan telah menyelesaikan pendidikan tinggi teknologinya di Jepang sekaligus telah bekerja menjadi kepala divisi penelitian dan pengembangan teknologi permanen magnet motor dan generator NIDEC corporation, Jepang.

Pada tahun 2015, dipersenjatai dengan aspirasi untuk memberikan manfaat ekonomi dan sosial yang berdampak lebih besar bagi perkembangan masyarakat, LBN pun didirikan. LBN bertindak sebagai holding company, dengan empat divisi anak perusahaan, Lentera Agri Nusantara (LAgN), Lentera Farm Nusantara (LFN), Lentera EV Nusantara (LEVN), dan tentu saja Lentera Angin Nusantara (LAN) yang terkenal serta dua divisi pendukung, Produk Kreatif Divisi dan Manajemen Teknologi.

Energi angin merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarukan yang ramah lingkungan. Di Indonesia angin sangat potensial untuk dimanfaatkan, mengingat kebutuhan energi listrik yang meningkat yang berkebalikan dengan ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin menipis dan juga efek buruknya terhadap lingkungan. Untuk mengonversi energi angin menjadi energi listrik membutuhkan teknologi yang bernama turbin angin atau kincir angin.[1]

PT. Lentera Bumi Nusantara (LBN) yang terletak di desa Ciheras, Cipatujah, Tasikmalaya, Jawa Barat mengembangkan salah satunya tentang energi terbarukan khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) skala mikro. Bilah yang digunakan di LBN ada dua jenis yaitu taper dan taperless. Rata-rata angin di pantai ciheras sekitar 12 m/s dengan turbin angin yang didesain untuk TSR 7. Rumusan masalah yang diambil dalam penulisan artikel ini adalah

1. Bagaimana cara mendesain bilah Horizontal Axis Wind Turbin (HAWT) tipe Taperless dengan software?
2. Bagaimana cara menentukan jenis air foil yang sesuai untuk perancangan PLTB?

1.1 Sistem Pembangkit Listrik Energi Angin

Secara garis besar energi angin dan arus laut mempunyai sistem kerja yang sama yaitu, merubah energi mekanik menjadi energi listrik. menjelaskan hasil putaran bilah pada turbin akan memutar generator yang kemudian menghasilkan tegangan AC tiga fasa, diwakilkan dengan arah vector tiga arah yaitu x, y, z. Setelah itu, ketiga fase tegangan AC dialirkan ke controller (teknologi pengamanan dan konversi energi). Pada controller itu, terdapat rectifier yang berfungsi untuk merubah tegangan AC menjadi DC. Dan terdapat buck converter yang berfungsi untuk merubah tegangan DC besar menjadi tegangan DC kecil.

Setelah tahap perubahan tegangan AC ke DC dilalui, kemudian memasuki tahap perekaman atau penyimpanan data yaitu, melalui data logger. Pada data logger tersebutlah dapat mengambil data untuk disimpan dan dilakukan penelitian lebih lanjut. Adapun data yang diambil sudah dalam bentuk excel seperti, data tegangan, arus, kecepatan angin, dan arah angin.

Tahap terakhir dari sistem kerja pembangkit listrik adalah penyimpanan energi listrik yang dihasilkan yang akan digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Energi listrik akan

disimpan ke baterai, pada baterai itu sendiri akan terjadi rekasi elektrokimia charging dan discharging. Charging bekerja saat baterai berfungsi sebagai beban dan sumber energinya dari generator, sedangkan discharging bekerja saat baterai berfungsi sebagai sumber energi untuk pengisian beban lainnya misalnya, lampu.

1.2 Komponen Turbin Angin

Adapun Komponen yang terdapat dalam turbin angin adalah :

1.1.1 Bilah

Bilah merupakan bagian penting dalam suatu sistem pembangkit listrik turbin angin, yaitu yang berinteraksi langsung terhadap angin. Secara umum terdiri dari 2 tipe yaitu Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) dan Vertical Axis Wind Turbine (VAWT). Pada laporan ini, pembahasan mengenai blade difokuskan untuk diaplikasikan pada Horizontal Axis Wind Turbine. Berikut adalah bagian-bagian dari blade pada HAWT

1. Radius (jari-jari blade, untuk menentukan banyaknya energi angin yang diperoleh berdasarkan luas area sapuan benda).
2. Chord (lebar blade).
3. Leading Edge.
4. Trailing Edge.
5. Chord Line (garis yang menghubungkan leading dan trailing edge).
6. Setting of angle (pitch, sudut antara chord line dan bidang rotasi dari rotor).
7. Angle of attack (sudut antara chord line dengan arah gerak aliran udara relatif).
8. Coefficient Performa (C_p), kemampuan blade menyerap energi angin yang diterimanya. Berdasarkan Teorema Betz Limit, maksimal energi angin yang bisa diserap blade adalah sebesar 59%.
9. Twist atau sudut puntir adalah sudut antara chord line dengan bidang rotasi rotor.
10. Tip Speed Ratio (TSR) adalah perbandingan antara kecepatan linier putaran ujung blade dengan kecepatan angin.
11. Airfoil merupakan bentuk desain ujung blade berdasarkan gaya angkat dan dorong (lift dan drag forces) blade terhadap aliran udara yang melewatinya

Berdasarkan desainnya, blade dibedakan menjadi 3 jenis yaitu sebagai berikut :

1. Taper, ujungnya lebih kecil daripada pangkalnya. Blade jenis ini cocok untuk angin berkecepatan tinggi.
2. Taperless, ujung dan pangkal memiliki lebar yang sama. Blade jenis ini cocok untuk angin yang berkecepatan sedang.
3. Inverse taper, ujungnya lebih besar daripada pangkalnya. Blade jenis ini cocok untuk daerah dengan angin berkecepatan rendah. Dengan putaran yang rendah, maka torsi yang dihasilkan akan tinggi

1.1.2 Generator

Generator merupakan alat konversi energi mekanik menjadi energi listrik. Generator mengubah torsi (T) dan kecepatan putar rotor (ω) yang diterimanya dari balde menjadi nilai tegangan (V) dan arus (I). Hasil keluaran dari generator berupa listrik 3 fasa.

1.1.3 Fin (Ekor Turbin)

ekor turbin angin berfungsi untuk mengarahkan turbin angin menghadap arah angin. Ukuran ekor perlu disesuaikan dengan turbin angin sehingga mampu mendorong badan turbin angin ke arah angin. Pada umumnya, badan ekor terbuat dari besi, sedangkan siripnya terbuat dari material fiber.

1.1.4 Controller

Controller berperan sebagai alat konversi energi listrik AC menjadi DC dan pengatur sistem tegangan masukan yang fluktuatif dari generator untuk distabilkan sebelum disimpan ke baterai. Ada dua aspek utama dalam controller turbin angin, yaitu rectifier dan MPPT

Rectifier berperan dalam mengkonversi tegangan AC menjadi tegangan DC sehingga sesuai dengan media penyimpanan listrik yaitu baterai DC. MPPT (Maximum Power Point Tracker) adalah suatu rangkaian DC yang mengoptimalkan keluaran daya dari generator sebelum dialirkan untuk disimpan ke baterai. Dengan bantuan transformer dan mosfet, MPPT mengkonversi DC power untuk dipecah-pecah menjadi DC yang lebih kecil dan arus yang disesuaikan sehingga cocok dengan kapasitas baterai. Misalnya, tegangan dan arus AC dari sumber generator bernilai 160 V dan 3 A, maka nilai dayanya adalah 480 W

1.1.5 Data Logger

Data logger berperan sebagai media penyimpanan data. Tegangan dan arus dari controller akan melewati data logger untuk direkam. Kemudian tegangan dan arus akan kembali dialirkan menuju baterai. Rekaman data disimpan dalam SD card dalam format excel seperti waktu perekamana data dalam detik, tegangan, arus, kecepatan, dan arah angin.

1.1.6 Baterai

Baterai berperan sebagai media penyimpanan energi listrik keluaran dari controller. Pada baterai terjadi reaksi elektrokimia charging dan discharging. Proses charging ini bekerja saat baterai berfungsi sebagai beban dan sumber energinya dari generator, sementara itu proses discharging adalah ketika baterai menjadi sumber energi untuk pengisian beban lainnya. Di PT Lentera Angin Nusantara, baterai yang digunakan adalah baterai NS Accelerate berjenis gel deep cycle battery dengan kapasitas 800Ah dan tegangan 2 V

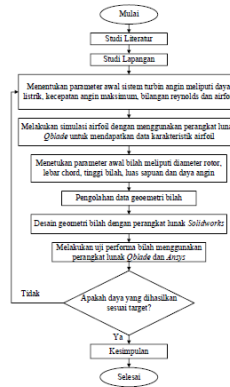
1.2 Gaya yang bekerja pada Turbin Angin

Berikut gaya yang perlu kita ketahui saat bekerja pada turbin angin:

- Gaya angkat (lift), bekerja tegak lurus dengan arah aliran angin dan efektif untuk mengangkat bilah. Gaya angkat dipengaruhi oleh coefficient lift airfoil
- Gaya hambat (drag), bekerja sejajar dengan arah aliran angin dan menghambat gerakannya bilah. Gaya hambat dipengaruhi oleh coefficient drag airfoil.
- Gaya dorong (thrust), adalah resultan dari gaya angkat dan gaya hambat dan merupakan gaya yang mendorong tiang penyangga turbin.
- Torsi (torque), atau momen gaya adalah besaran yang menyatakan besarnya gaya yang bekerja memutar bilah. Torsi diperoleh dari perkalian gaya tangensial yang bekerja pada bilah dengan jari-jari bilah. Gaya tangensial adalah resultan dari gaya angkat dan gaya hambat.

2. METODE

2.1 Diagram Alir



Gambar 8 Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Parameter Awal

Perancangan bilah dilakukan dengan menentukan parameter awal bilah yaitu berupa efisiensi sistem secara keseluruhan. Efisiensi sistem secara keseluruhan memiliki 4 hal penting berupa efisiensi bilah, efisiensi transmisi, efisiensi generator dan controller, Al Shemmeri (2010) melaporkan bahwa energi yang dapat diekstrak dari angin oleh bilah adalah sebesar 59% atau disebut juga koefisien Betz (C_p). Pada perancangan kali ini efisiensi bilah dimasukkan 2 nilai, yaitu saat efisiensi rendah (dipakai 30%) dan efisiensi tinggi (40%). Efisiensi Transmisi adalah 100% dikarenakan putaran dari bilah langsung terhubung dengan generator dan tidak menggunakan transmisi, sedangkan efisiensi generator dan controller memiliki nilai efisiensi yang berbeda untuk setiap alat yang digunakan. Pada perancangan kali ini nilai efisiensi generator dan controller dibuat 90%.

Setelah mendapatkan efisiensi sistem selanjutnya kita menentukan kapasitas daya listrik yang diinginkan (W_e) yaitu sebesar 500 W dengan kecepatan angin maksimal sesuai kondisi lapangan sebesar 12 m/s. Daya angin yang dibutuhkan (W_a) didapat dengan menggunakan persamaan 1 dan didapat hasil sebesar 2286,24 W jika efisiensi bilah 30% dan 1714,68 W jika efisiensi bilah 40%.

Adapun persamaan parameter yang dihitung adalah sebagai berikut:

- a. Efisiensi sistem yang terdiri dari bilah, transmisi, generator, dan controller. Dimana efisiensi bilah sebesar 0.3, efisiensi transmisi sebesar 0.7, efisiensi generator sebesar 0.8, dan efisiensi controller sebesar 0.9. Sehingga efisiensi sistem secara keseluruhan menjadi 0.15.

$$K = \eta_{bilah} \times \eta_{transmisi} \times \eta_{generator} \times \eta_{controller}$$

Dimana:

- K : efisiensi sistem
- η_{bilah} : efisiensi bilah
- $\eta_{transmisi}$: efisiensi transmisi
- $\eta_{generato}$: efisiensi generator
- $\eta_{controller}$: efisiensi controller

Daya angin yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya listrik sebesar 850 W dengan efisiensi sistem yang telah diketahui adalah dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$W_a = \frac{W_e}{K}$$

Dimana:

W_a : Daya angin yang dibutuhkan (W)

W_e : Daya listrik yang dihasilkan (W)

Kecepatan angin maksimum yang digunakan sebesar 12 m/s.

Luas sapuan bilah dapat ditemukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A = \frac{2W_a}{\rho v_{max}^3}$$

Dimana:

A: Luas sapuan bilah (m²)

P: Densitas udara (1.225 kg/m³)

v: Kecepatan angin (m/s)

Jari-jari bilah ditentukan menggunakan persamaan:

$$a. \quad R = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Dimana:

R: Jari-jari bilah (m)

3.2 Penentuan Geometri Bilah

Sebelum melakukan penentuan geometri bilah pertama-tama harus menentukan sudut serang (α) dan Lift Coefficient (Cl). Sudut serang adalah sudut datangnya tumbukan angin pada airfoil, sedangkan lift coefficient (Cl) merupakan koefisien gaya angkat, gaya angkat harus lebih besar dari pada gaya tahan (drag coefficient) agar bilah dapat berputar. Nilai sudut serang dan lift coefficient didapatkan dari simulasi menggunakan perangkat lunak Q-Blade v0.963.

optimal yaitu pada seri NACA 4418. Lift coefficient akan naik ketika alpha naik, lalu kemudian turun setelah mencapai titik tertentu, hal itu disebabkan adanya stall yaitu ketika Cl sudah mencapai optimum dan tidak bertambah sedangkan Cd masih terus bertambah. Selanjutnya menentukan TSR. TSR akan diestimasi pada tahap ini. Namun pada akhir simulasi nanti TSR dapat berubah. Estimasi TSR dapat dilakukan dengan melihat referensi bahwa TSR untuk turbin angin dengan 3 bilah berkisar pada rentang 6 – 8 (PT LBN, 2019). Pada perancangan kali ini dimasukkan nilai TSR sebesar 7

Penentuan geometri bilah secara lengkap dan ringkas ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

TSR	Airfoil	Cl/Cd	Cr	Jumlah
-----	---------	-------	----	--------

				Bilah (B)
7	NACA- 4418	119,3	0,18	3

Tabel 2 Penentuan Geometri Perancangan Bilah

Pada tahap ini, semua parameter dilakukan perhitungan untuk didapatkan perkiraan bentuk bilah yang akan dirancang. Pertama kali yang harus dilakukan adalah penentuan jumlah elemen. Pada umumnya pembagian elemen pada perancangan bilah berkisar antara 10-20 elemen, yang mana pada perancangan bilah kali ini dibagi dalam 10 elemen. Pada kolom satu merupakan bagian blade hub radius sekitar 0-0.25 meter. Sedangkan pada kolom selanjutnya adalah bagian jari-jari parsial dengan menggunakan persamaan sebagai berikut;

$$r = 0.25 + \left[\left(\frac{R-0.25}{n} \right) \times \text{elemen} \right]$$

dimana n = jumlah elemen

Untuk mencari nilai TSR parsial digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\lambda_r = \frac{r}{R} \times \lambda_R$$

Untuk mencari nilai Cl, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_l = \frac{16\pi \times R \times \frac{r}{R}}{9\lambda^2 \times B \times C_r}$$

Dimana:

Cr = lebar chord (m)

B = jumlah bilah

Nilai flow angle didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\phi = \frac{2}{3} \tan^{-1} \frac{1}{\lambda_r}$$

Nilai Twist didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\beta = \phi - \alpha$$

Twist atau sudut puntir amat mempengaruhi proses pembuatan bilah pada kayu. Untuk sudut puntir yang tidak linear, maka perlu dilinearisasi dan dimodifikasi untuk memudahkan pembuatan bilah pada kayu. Cara untuk melinearisasi adalah sebagai berikut.

Ditentukan akan dilinearisasi berapa persen. Sebagai contoh linearisasi 75%, maka diambil titik elemen Twist ke 7 dan 8. Dari kedua titik itu didapatkan persamaan garis yang linear (klik kanan add trendline, muncul kotak dialog, centang bagian Display Equation).

Pada kolom Twist terlinearisasi, masukkan persamaan yang muncul dari grafik. Dimana y adalah twits terlinearisasi, dan x adalah panjang elemen bilah.

3.3 Simulasi Bilah Menggunakan Software QBlade

Pada bagian ini akan dilakukan simulasi desain airfoil terbaik untuk mendesain bilah jenis taperless yang akan digunakan untuk pembangkit listrik tenaga angin laut di Pantai Ciheras, PT Lentera Bumi Nusantara. Adapun data yang dibutuhkan adalah, nilai jari-jari parsial (r), nilai Twist dan nilai Chord (Cr) linearisasi. Hasil akhirnya adalah, nilai performansi yaitu, semakin besar Koefisien Performansi (Cp) maka akan semakin bagus performa desain bilah tersebut karena nilai efisiensi atau energi yang diserapnya semakin besar. Berikut ini adalah, hasil dari simulasi bilah menggunakan desain airfoil NACA 4418.

3.4 Desain Bilah menggunakan Software Solidworks

Setelah selesai menentukan parameter geometri bilah, selanjutnya dilakukan pendesainan bilah 3D menggunakan software SolidWorks 2020. Untuk memudahkan proses perancangan bilah, perlu dicari koordinat bentuk airfoil di tiap elemen. Data koordinat airfoil tiap elemen diolah pada Microsoft Excel kemudian di-input ke software SolidWorks 2020. Koordinat yang berasal dari Qblade adalah koordinat x dan y. Koordinat x dan y dikalikan dengan 100 satuan karena proses desain SolidWorks lebih mudah menggunakan satuan mmgs, dan tambahkan koordinat z. Tuliskan 0 untuk koordinat sumbu z. Nilai 0 menunjukkan bahwa elemen ini berada pada posisi 0 mm, lalu kurangi koordinat z dengan jarak antar elemen

Data koordinat masing - masing elemen di-input dengan toolbar Curve (Curve Through XYZ Points) yang terdapat pada software SolidWorks dan akan menghasilkan bentuk airfoil

Setelah itu dilakukan Perhitungan elemen pada bilah sehingga menghasilkan chord, scale dan $x/\cos\beta$ untuk pembuatan Geometri pada rangka bilah.

$x/\cos\beta$	Chord (mm)	Scale
0.18142	181.42	1.8142
0.18085	180.85	1.8085
0.18042	180.42	1.8042
0.18015	180.15	1.8015
0.18001	180.01	1.8001
0.18002	180.02	1.8002
0.18018	180.18	1.8018
0.18047	180.47	1.8047
0.18092	180.92	1.8092
0.18151	181.51	1.8151
0.18225	182.25	1.8225

Tabel 5 Perhitungan ukuran elemen bilah Naca 4418

Adapun persamaan parameter yang dihitung adalah sebagai berikut:

$$z = \frac{x}{\cos\beta}$$

Dimana: x = Chord

Setelah desain 3 dimensi telah selesai, kemudian dilanjutkan dengan desain 2 dimensi. Desain 2 dimensi ini digunakan untuk kebutuhan manufakturing pada bilah agar menyesuaikan airfoil yang diinginkan atau sesuai dengan perancangan awal.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berikut dapat diambil kesimpulan pada penelitian Kerja Praktik kali ini berdasarkan uraian yang telah dijelaskan sebelumnya :

1. Hasil perancangan bilah Taperless NACA 4418 memiliki panjang jari-jari 1,2 m, lebar chord 1,20m, Twist Optimum $6,49^{\circ}$ - $11,15^{\circ}$.
2. Hasil dari perancangan bilah NACA dengan menggunakan aplikasi tertentu maka bilah tersebut bisa di maufaktur dengan berbagai macam cara dan berbagai macam bahan seperti resin, kayu dan fiber.

DAFTAR RUJUKAN

- Tim Lentera Angin Nusantara. 2014. Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin. Tasikmalaya, Jawa Barat.
- Zahra, I,N., 2016, Dasar-Dasar Perancangan Bilah, Lentera Bumi Nusantara, Tasikmalaya, Jawa Barat.
- Zahra, I,N., 2016, Dasar-Dasar Pembuatan Bilah, Lentera Bumi Nusantara, Tasikmalaya, Jawa Barat.
- Zaironi, M.A., 2018, Rancang Bangun Rotor Turbin Angin Sumbu Horizontal Menggunakan Airfoil Naca 4415 Dengan Bahan Fiber Reinforced Plastic (Frp), Tugas Akhir Program Studi Diploma III Teknik Mesin Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Dahlan, B., 2016, Rancang Bangun Baling-Baling Kincir Angin Menggunakan Naca 4412 Dan 4415 Dari Bahan Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) Dan Pinus (*Pinus Merkusii*), Tesis - Sf 092006 Program Magister Bidang Keahlian Fisika Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.