

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Beberapa tahun belakangan ini, Pulau Jawa dan beberapa wilayah di Indonesia terancam oleh kekeringan yang disebabkan oleh karena datangnya musim kemarau yang terlalu cepat, hal ini berakibat beberapa Daerah Prakiraan Musim (DPM) mengalami sifat hujan dibawah normal , pada tahun 2004 terdapat total 42 DPM dimana sifat hujannya dibawah normal, dari 42 DPM tersebut 25 DPM berada di Pulau Jawa dan Madura, dampak dari hal tersebut adalah kurangnya musim hujan di musim kemarau yang pada ujungnya akan berakibat pada terjadinya kekeringan lahan-lahan pertanian terutama di Pulau Jawa, hal ini jelas akan mengancam ketahanan pangan nasional karena 56,7 % produksi padi berasal dari Pulau Jawa. Tahun 2001 di Propinsi Jawa Tengah terdapat 7 kabupaten yang mengalami kekeringan ,jumlah ini meningkat menjadi 9 kabupaten di tahun 2004 dan tidak tertutup kemungkinan jumlah ini akan meningkat dari tahun ke tahun karena ternyata penyebab kekeringan tersebut tidak semata-mata karena faktor cuaca saja tetapi juga dipengaruhi oleh rusaknya lingkungan dan sistem pengairan yang buruk, rusaknya lingkungan hutan di kawasan daerah aliran sungai (DAS) dan tata air yang belum diperbaiki , ini terbukti dari pernyataan Departemen Kehutanan yang menyebutkan 26 DAS di Jawa tergolong superkritis, penyebab lain kekeringan adalah menurunnya kemampuan waduk akibat sedimentasi.

Selama ini, untuk menghindari kerugian akibat paceklik petani umumnya mengubah pola tanam ke palawija, namun tetap saja memerlukan air untuk pengairan, maka dilakukanlah upaya menyedot air tanah dengan menggunakan mesin diesel, tetapi kenaikan harga bahan bakar minyak dewasa ini hingga 2 kali lipat dari harga awal menyebabkan biaya operasional berlipat yang pada ujungnya tidak seimbang dengan hasil yang didapatkan. Oleh karena itulah maka harus dicari pemecahan yaitu dengan mencari bahan bakar alternatif yang jumlahnya berlimpah dan relatif murah untuk para petani.

Sumber energi alternatif yang melimpah tersebut adalah energi matahari dan energi angin, namun demikian konversi energi matahari menjadi energi listrik ataupun energi mekanis masih mahal karena teknologi sel photovoltaic yang

masih mahal, sehingga sumber energi anginlah yang paling mungkin untuk diolah menjadi sumber energi alternatif.

Konversi energi angin menjadi energi listrik ataupun energi mekanis selama ini dilakukan dengan menggunakan kincir angin, dan teknologi kincir angin ini telah banyak digunakan terutama di daerah pantai, hal ini dikarena teknologi kincir angin selama ini memerlukan kecepatan minimal 3,5 m/s yang pasti dapat dipenuhi oleh kecepatan angin di daerah pesisir, namun justru disinilah muncul permasalahan, yaitu daerah pedalaman di Propinsi Jawa Tengah kecepatan anginnya tidak mencapai kecepatan minimal tersebut, padahal seperti yang diterangkan diatas gejala kekeringan semakin lama semakin meluas terutama di daerah yang DAS nya kriis oleh karena itu, oleh karena itulah, maka dilakukan penelitian mengenai desain kincir angin terutama mengenai desain blade atau kipas yang cocok digunakan untuk kecepatan rendah.

1.2. Perumusan Masalah

Penelitian ini didasarkan pada satu pertanyaan,

“ bagaimanakah desain blade kincir angin yang tepat untuk digunakan di daerah berkecepatan rendah ?”

Dalam penelitian ini, masalah yang diteliti adalah efek perubahan desain blade dari kincir angin dilihat dari efisiensi transmisi yang diteruskan dan kebisingan yang dihasilkan.

Perubahan desain blade yang digunakan dalam penelitian ini adalah perubahan jenis bahan blade, perubahan jumlah blade serta perubahan sudut blade terpasang. Sementara efisiensi transmisi yang diteruskan akan dilihat dari putaran poros yang dihasilkan, sedangkan kebisingan yang dihasilkan akan mempetimbangka kebisingan ”dasar” yang dimiliki oleh wind tunnel.

Sementara kecepatan angin yang dipakai dalam penelitian ini, dipilih berdasarkan kecepatan angin rata-rata yang bertiup di daerah eks Karesidenan Surakarta, yaitu sekitar 4 knot atau setara dengan 2,04 m/s

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian yang meneliti mengenai masalah kincir angin sebagai berikut,

Sugiarmadji dan Djojohardjo (1990) dalam penelitiannya mengenai perancangan kincir angin sudu majemuk untuk pemompaan air/pertanian jenis EN-SM-03 menyatakan bahwa dengan kincir angin sudu majemuk dapat memberikan kapasitas 50 l/menit untuk tinggi pemompaan 6 m pada kecepatan angin 3 m/s – 4 m/s.

Sedangkan Ginting (1990) yang melakukan pengkajian energi listrik yang dihasilkan turbin angin 200 W untuk penggunaan pada rumah tangga di pedesaan menyatakan bahwa penyediaan energi listrik oleh turbin angin 200 W sesuai dengan karakteristik prestasinya dan bervariasi menurut distribusi kecepatan angin yang tersedia di lokasi pemasangan. Disamping itu karena penyediaan energi listrik oleh energi angin terbatas menurut distribusi dan jumlah energi yang dihasilkan, maka energi yang berlebih pada saat energi turbin angin melebihi kebutuhan dapat digunakan untuk beban berguna lainnya.

Soeripno (1991) yang melakukan penelitian mengenai uji coba pemanfaatan sistem konversi energi angin untuk pengairan sawah di Desa Tenjoayu Serang menyatakan bahwa kecepatan angin 1 m/s dapat menghasilkan air sejumlah 42 l/menit, sedangkan kecepatan angin 3,5 m/s dapat menghasilkan air sejumlah 166,68 l/menit pada tinggi pemompaan 3 meter.

Himran (2000) dalam penelitiannya mengenai penggunaan energi angin di Kota Makassar menyatakan bahwa dengan kecepatan angin rata-rata 2,27 m/s penggunaan energi angin kurang efisien, sehingga perlu penyempurnaan pada desain kincir angin.

Pakpahan (2000) yang meneliti mengenai identifikasi permasalahan dan pemecahan pemakaian energi angin di Indonesia menyatakan bahwa potensi energi angin di Indonesia besar namun dalam pengolahannya masih memerlukan banyak perbaikan baik dalam hal sumber daya manusia yang menanganinya maupun dalam hal desain peralatan yang digunakan.

Murwatono (2001) yang melakukan studi pengaruh kekasaran leading edge terhadap unjuk kerja propeller menemukan bahwa dengan semakin halus leading edge sebuah desain kipas maka akan meningkatkan gaya angkat dari sistem sehingga kemampuan transmisi gerak juga akan semakin tinggi

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan desain kincir angin yang tepat digunakan untuk daerah berkecepatan angin rendah dan mampu digunakan dalam skala rumah tangga.

Dari penelitian ini, manfaat secara nasional diharapkan muncul satu desain kincir angin yang tepat untuk digunakan di daerah-daerah berkecepatan angin rendah (1 m/s sampai dengan 3,5 m/s), sehingga bila muncul desain kincir angin tersebut dapat memunculkan pemecahan bagi masalah kekeringan dengan adanya sumber energi alternatif yang murah, disamping itu bila desain ini bisa didapatkan maka kedepan akan muncul sistem kincir angin yang bisa dipakai untuk rumah tangga dalam sistem pembangkitan energi terdistribusi. Sehingga dalam membantu program nasional berupa diversifikasi sumber energi dan menjaga ketahanan pangan. Sementara dari sisi tim pengusul, penelitian ini akan memberikan pengayaan untuk memberikan kuliah.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta untuk penyiapan bahan penelitian, sementara pengambilan data di terowongan angin (wind tunnel), dilakukan di Laboratorium Aerodinamika Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta, Hal ini dilakukan mengingat wing tunnel yang dimiliki oleh Jurusan Teknik Mesin FT UMS rusak.

Penelitian akan dilakukan dalam kurun waktu 8 bulan mulai bulan Maret 2008 sampai dengan Oktober 2008.

4.2. Peralatan Yang Digunakan dan Data Yang Diambil

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Desain blade (kipas dari kincir angin) dengan modifikasi bahan dari fiber, seng, aluminium dan besi
- b. Low Speed Wind Tunnel yang dilengkapi dengan blower berpengatur kecepatan elektrik, probe untuk mengukur tekanan udara, serta alat untuk menimbangn gaya drag dan gaya lift yang dihasilkan oleh desain blade
- c. Anemometer untuk mengukur kecepatan keluaran angin dari wind tunnel
- d. Hygrometer
- e. Tachometer untuk mengukur kecepatan yang dihasilkan oleh desain blade
- f. PC yang dilengkapi dengan program Auto Cad untuk menggambarkan desain kincir angin yang tepat
- g. SPL meter

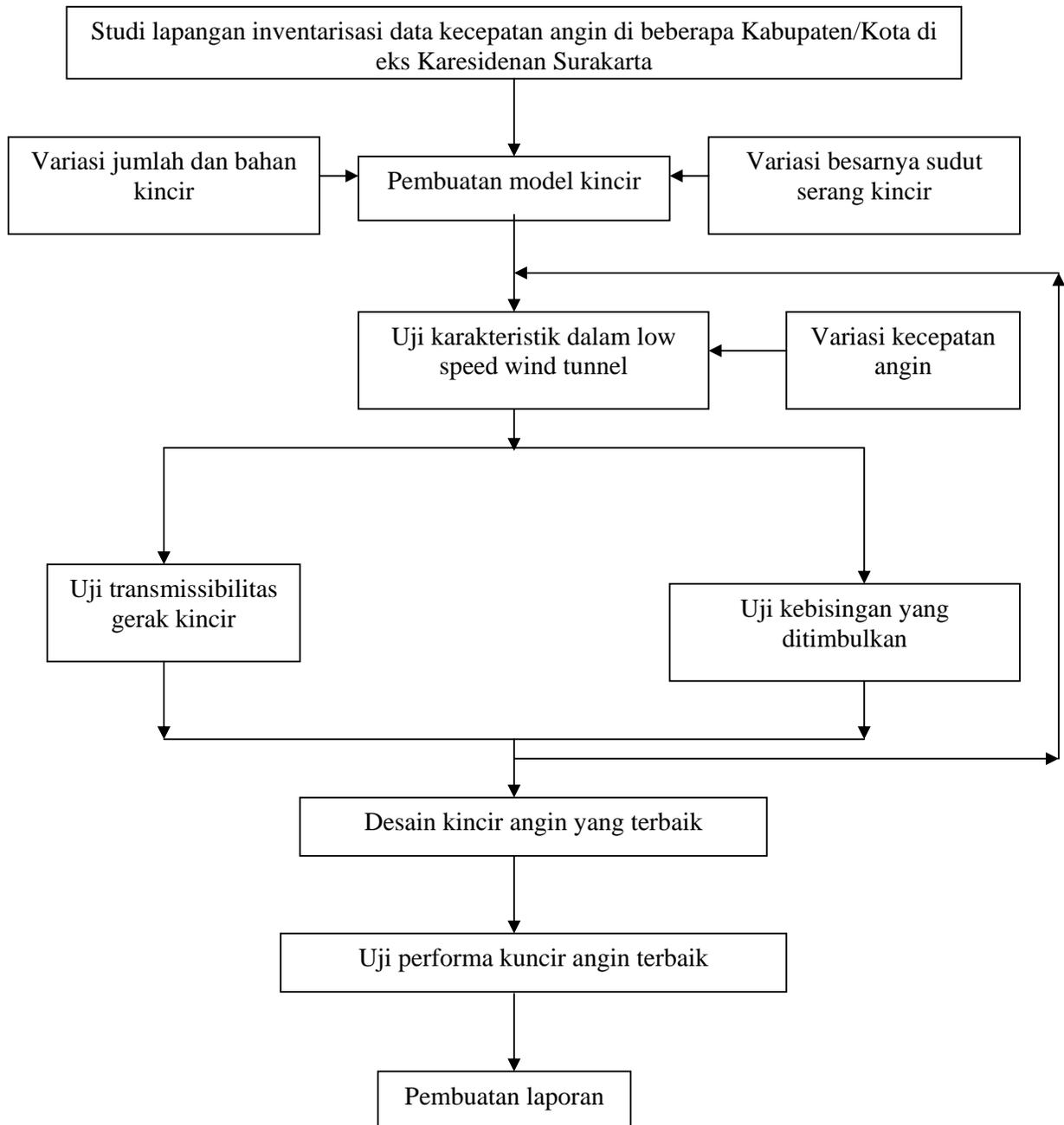
Sedangkan data yang diambil adalah sebagai berikut :

- a. temperatur udara
- b. kelembaban udara
- c. besarnya kecepatan yang dihasilkan

d. kebisingan akibat desain blade

4.3. Desain dan Metodologi Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut dibawah ini,



Sedangkan metodologi penelitian adalah sebagai berikut :

1. tahap studi lapangan inventarisasi data kecepatan angin di beberapa Kabupaten/Kota di eks Karesidenan Surakarta

tahap ini merupakan langkah untuk up dating data kecepatan angin di wilayah eks Karesidenan Surakarta, dengan adanya langkah up dating ini , maka diharapkan dasar penentuan kecepatan akan mendekati realita yang ada di lapangan.

Tahapan ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder yang besar dari BMG Stasiun Metrologi Semarang dan dari Bappeda Kota Surakarta, dan diketahui bahwa kecepatan angin di Kota Surakarta berkisar pada kecepatan 4 knot atau setara dengan 2,04 m/s

2. tahap pembuatan model kincir

tahapan ini merupakan tahapan pembuatan model kincir, dalam, pembuatan kincir ini akan dipakai pengembangan dari model kincir yang umum dipakai yaitu **model Savious** dengan variasi pembuatan pada **besarnya sudut serang** yang akan direpresentasikan dengan **kemiringan kipas**, variasi **jumlah kipas** dan **bahan kipas**, adapun bahan kipas yang dipakai adalah alumunium, seng, besi dan fiber.

3. tahap uji karakteristik dalam low speed wind tunnel

tahap ini dilakukan dalam terowongan angin kecepatan rendah (low speed wind tunnel) dimana peralatan tersebut terbagi atas beberapa bagian yaitu blower untuk menimbulkan aliran udara yang diinginkan, seksi uji tempat meletakkan benda uji, poros untuk meneruskan gerakan dari kincir yang diuji dan tachometer digital untuk mengetahui besarnya transmissibilitas gerak dari kipas.

Secara singkat, pengujian dapat dijelaskan sebagai berikut, model kincir yang akan diuji diletakkan diatas poros vertikal yang telah disiapkan dan terhubung juga ke tachometer untuk mengetahui kecepatan putar yang dihasilkan sehingga akan didapatkan hubungan dan efisiensi antara kecepatan angin dengan keceatan kincir yang dihasilkan. Setelah model kincir terpasang secara

perlahan blower dihidupkan dan disetting pada kecepatan yang diinginkan mulai dari kecepatan terendah, kondisi tersebut didiamkan selama beberapa menit sehingga terbentuk fully developed regime, setelah itu data kecepatan angin dicatat, kecepatan poros yang diteruskan dicatat, dan juga kebisingan yang muncul juga dicatat dengan SPL meter.

Langkah tersebut dilakukan pada beberapa kecepatan yang diinginkan, adapun variasi kecepatan yang akan digunakan adalah mulai dari 1 m/s sampai dengan 3,5 m/s dengan interval kecepatan 0,1 m/s.

Tahapan diatas dilakukan untuk semua desain kincir angin

Dalam tahapan ini, pengambilan data mengenai energi listrik yang dihasilkan tidak dilakukan, hal ini dikarenakan pada pengujian awal, ketika blade dipasangkan dengan generator mini, blade tidak mau berputar karena beban yang terlalu berat, sehingga pengambilan data tidak dilakukan.

4. penentuan desain kincir terbaik

tahap ini adalah tahapan untuk menentukan desain kincir yang terbaik dimana dasar penentuan desain kincir terbaik didasarkan atas hasil pengolahan data yang telah didapatkan sehingga didapatkan hubungan antara perubahan desain kincir angin dengan besarnya efisiensi konversi energi angin menjadi energi poros disamping kebisingan yang muncul harus ditekan serendah mungkin untuk mengatasi permasalahan lingkungan berupa kebisingan yang dapat terjadi kemudian berdasarkan grafik hubungan tadi ditentukan didapatkan desain kincir yang terbaik kemudian dilakukan penggambaran secara total sistem kincir angin yang dihasilkan, untuk kemudian dibuat lagi dan diuji performanya dalam low speed wind tunnel untuk memverifikasi hasil penelitian.

5. Pembuatan laporan

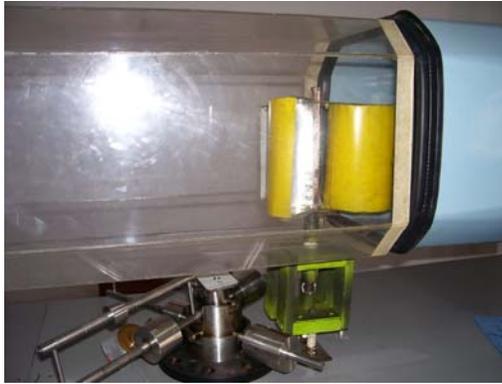
4.4. Beberapa Gambar Proses Pengambilan Data dan Sampel Pengujian



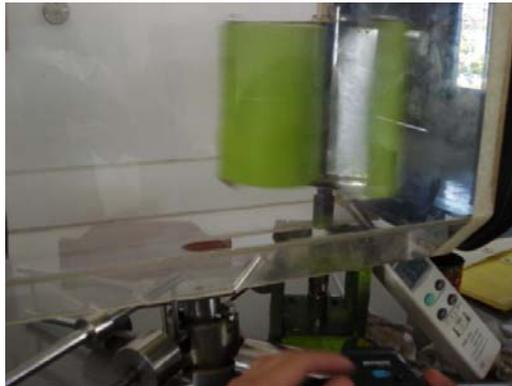
Gambar 4.1. Proses Pengambilan Data



Gambar 4.2. Peletakan Sampel Uji dalam Wind Tunnel



Gambar 4.3. Sampel uji berbahan aluminium



Gambar 4.4. Sampel uji berbahan seng dan penempatan SPL meter



Gambar 4.5. Tachometer infrared yang digunakan



Gambar 4.6. Anemometer yang digunakan

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Pengaruh Bahan Kincir Terhadap Kecepatan Putar kincir

Pengaruh bahan pembuat kincir (blade) terhadap kecepatan putar kincir tampak dalam gambar 5.1.

Dalam gambar 5.1, tampak bahwa dengan berbedanya material blade, maka terdapat perbedaan kecepatan awal penggerakan kincir dan putaran yang dihasilkan.

Sebagai contoh, untuk kincir dengan blade dua, tampak bahwa kecepatan angin inisiasi penggerakan kincir fiber adalah 0,3 m/s dengan kecepatan putar yang dihasilkan 24,1 rpm. Sementara untuk kincir berbahan aluminium 0,3 m/s akan bergerak awal dengan putaran 9,3 rpm, kincir seng 0,2 m/s menghasilkan 19,3 rpm dan kincir besi memerlukan kecepatan angina 1 m/s untuk menghasilkan putaran 35,9 rpm.

Hasil selengkapnya akan diberikan dalam tabel 5.1.

Tabel 5.1
Kecepatan Awal dan Putaran yang Dihasilkan untuk Tiap Bahan Blade

Jumlah Blade	Jenis Bahan Blade	Kecepatan Angin Awal untuk Berputar (m/s)	Kecepatan Putar yang Dihasilkan (rpm)
2	Fiber	0,3	23,1
	Aluminium	0,3	9,3
	Seng	0,2	19,3
	Besi	1	35,9
3	Fiber	0,2	11,5
	Aluminium	0,2	20
	Seng	1,1	46,2
	Besi	1,2	15,2
4	Fiber	0,7	4,4
	Aluminium	0,5	17,2
	Seng	1,2	13
	Besi	1,2	14,1
5	Fiber	0,5	23,4
	Aluminium	0,6	15,6
	Seng	0,7	26,3
	Besi	3,3	156,2

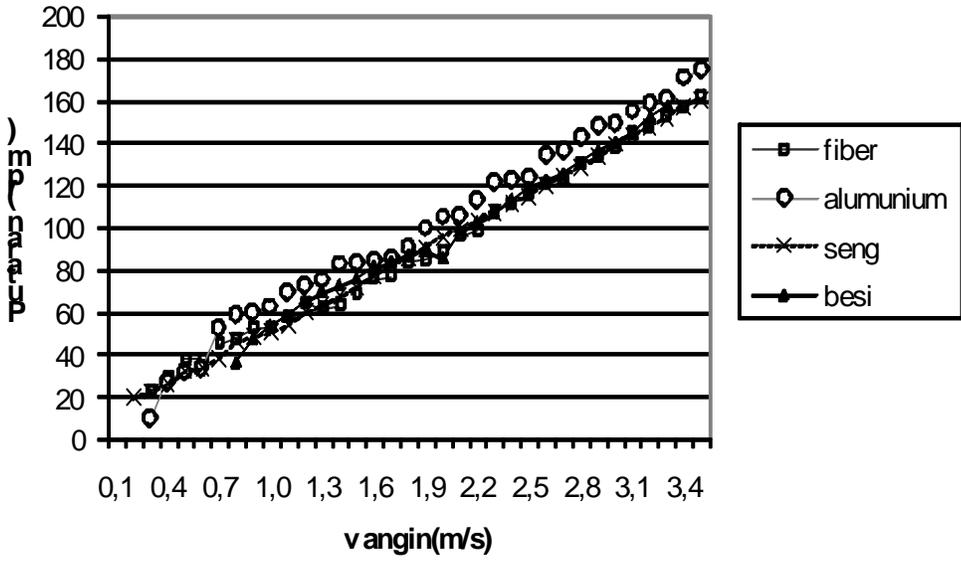
Dari tabel diatas, terlihat, bahwa kecepatan inisiasi Bergeraknya kincir berbeda-beda untuk tiap-tiap jenis bahan kincir, secara umum dapat dilihat bahwa kincir berbahan aluminium merupakan kincir yang membutuhkan kecepatan angin yang terendah untuk berputar, disusul oleh kincir fiber, kincir seng dan kincir besi.

Dan bila dicermati lebih jauh kincir besi memerlukan kecepatan angin lebih besar untuk mulai berputar, namun kecepatan putar yang dihasilkan lebih besar daripada kincir yang lain, disusul oleh kincir seng, fiber dan aluminium.

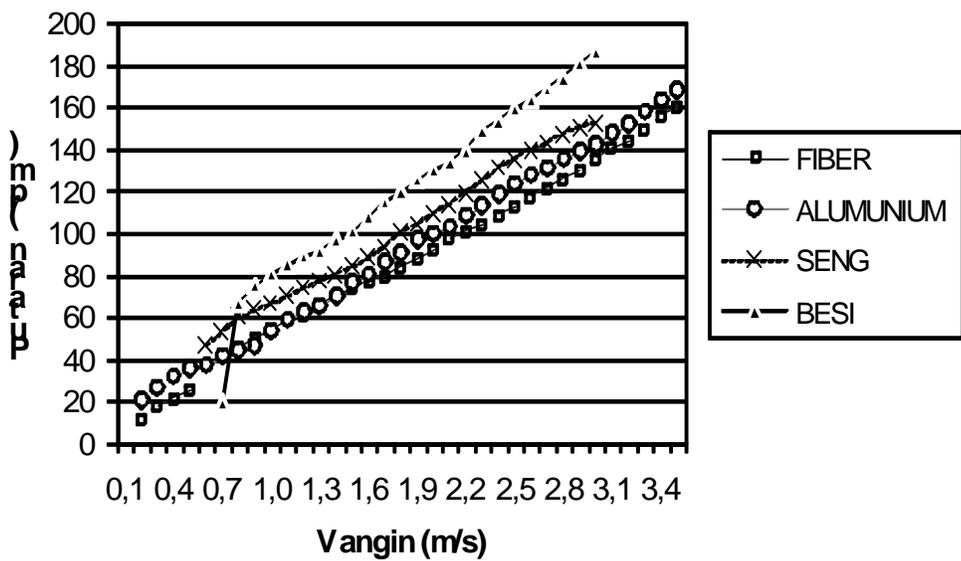
Hasil penelitian diatas, diduga berkaitan dengan berat material penyusun, dimana material yang lebih berat akan membutuhkan tenaga yang lebih besar untuk mulai bergerak (dalam hal ini memerlukan kecepatan angin yang lebih besar), namun karena memiliki kelembaman yang lebih besar pula , maka bahan yang lebih berat akan lebih stabil pergerakannya dan juga memerlukan tenaga yang lebih besar untuk menghentikannya.

Dugaan diatas, diperkuat oleh data mengenai massa jenis material penyusun yang didapatkan dari literatur, dimana massa jenis besi sebesar 7840 kg/m^3 , seng sebesar 5730 kg/m^3 , aluminium 2700 kg/m^3 dan fiber 40 kg/m^3 .

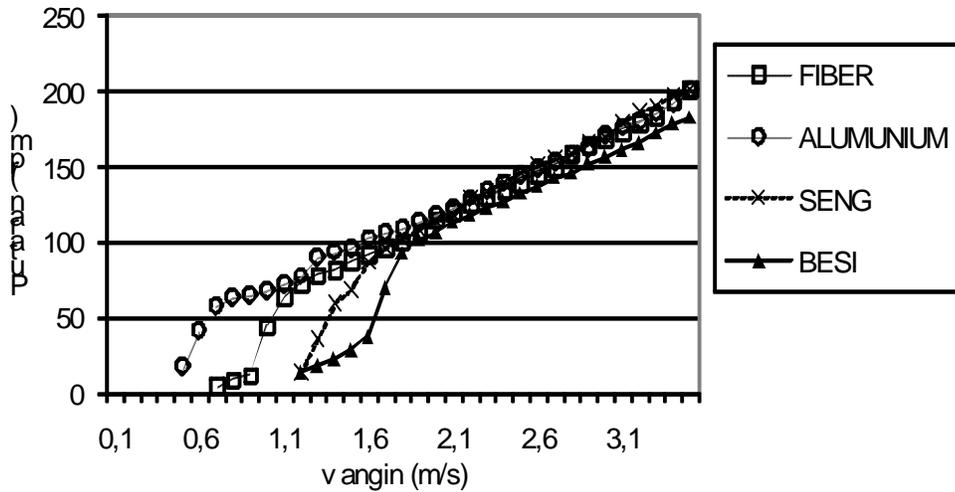
Perbandingan Putaran yang Dihasilkan Pada Kincir Dengan 2 Kipas Sebagai Akibat Variasi Bahan Kincir



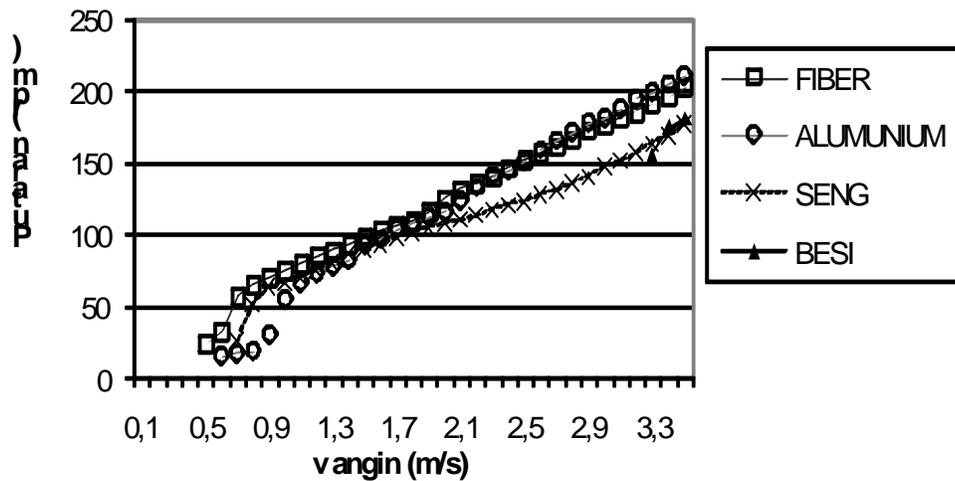
Perbandingan Putaran yang Dihasilkan Pada Kincir Dengan 3 Kipas Sebagai Akibat Variasi Bahan Kincir



Perbandingan Putaran yang Dihasilkan Pada Kincir Dengan 4 Kipas Sebagai Akibat Variasi Bahan Kincir



Perbandingan Putaran yang Dihasilkan Pada Kincir Dengan 5 Kipas Sebagai Akibat Variasi Bahan Kincir



Gambar 5.1. Perbandingan putaran yang dihasilkan sebagai akibat variasi bahan kincir

5.2. Pengaruh Jumlah Kipas Terhadap Kecepatan Putar Kincir

Sementara itu, pengaruh jumlah kipas terhadap kecepatan putar kincir dapat dilihat dalam gambar 5.2.

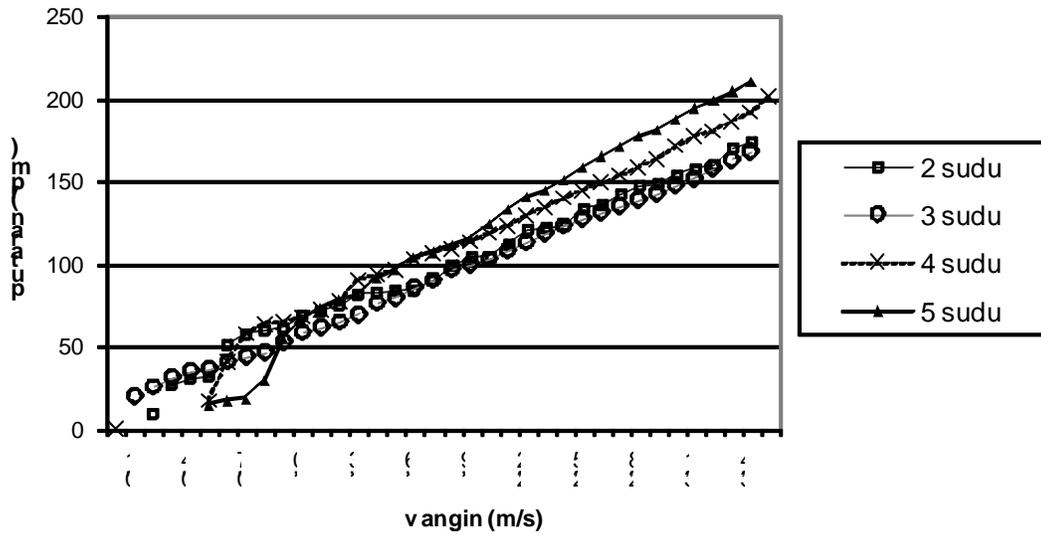
Secara umum, dapat dikatakan semakin banyak jumlah kipas maka semakin cepat pula putaran yang dihasilkan namun dengan semakin banyaknya jumlah kipas maka membutuhkan kecepatan angin yang lebih besar untuk melakukan inisiasi putaran poros.

Hal tersebut diatas, dapat dijelaskan sebagai berikut, dengan semakin banyaknya jumlah kipas, maka kincir akan menjadi lebih berat, sehingga kincir akan memerlukan tenaga yang lebih besar untuk bergerak, seperti penjelasan sebelumnya, namun dengan semakin banyaknya jumlah kipas, berarti semakin luas pula area angin yang bisa "ditangkap", sehingga semakin besar pula energi angin yang bisa dikonversikan.

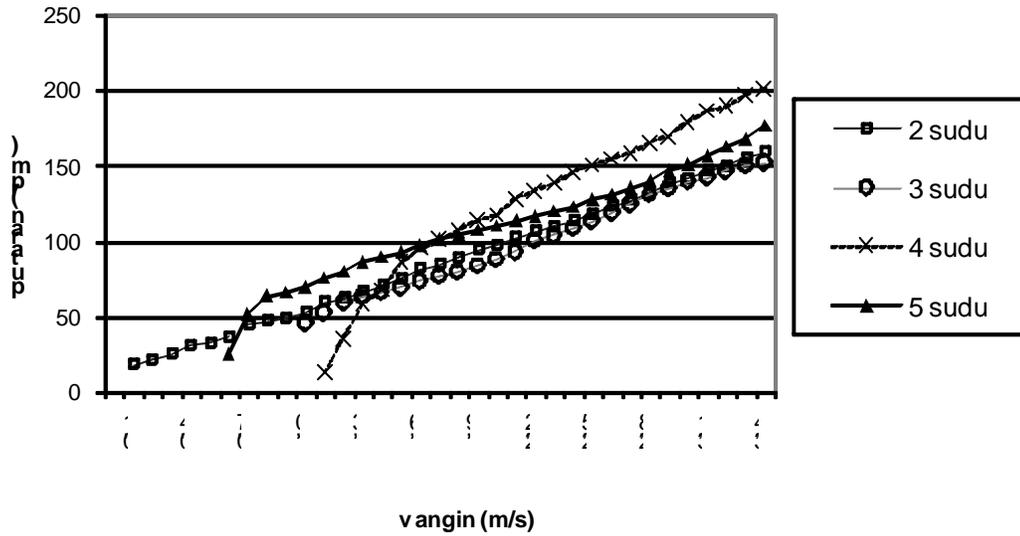
Satu hal yang menarik dari gambar 5.2 adalah pada awal gerakan kincir, yaitu pada saat inisiasi (kecepatan udara 0,1 m/s – 1,3 m/s), terdapat kecenderungan berapapun jumlah kipas sebuah kincir pada range kecepatan tersebut putaran poros yang dihasilkan tidak jauh berbeda. Hal ini diduga terkait dengan beban awal yang harus dilawan oleh kincir sebelum berputar. Beban awal yang dimaksudkan adalah hambatan yang harus dilawan oleh kincir sebelum kincir tersebut bergerak, adapun beban awal tersebut adalah, berat kincir itu sendiri (yang tergantung pada bahan kincir), gaya drag dari kincir (yang tergantung dari luasan permukaan kincir) serta gaya gesek poros.

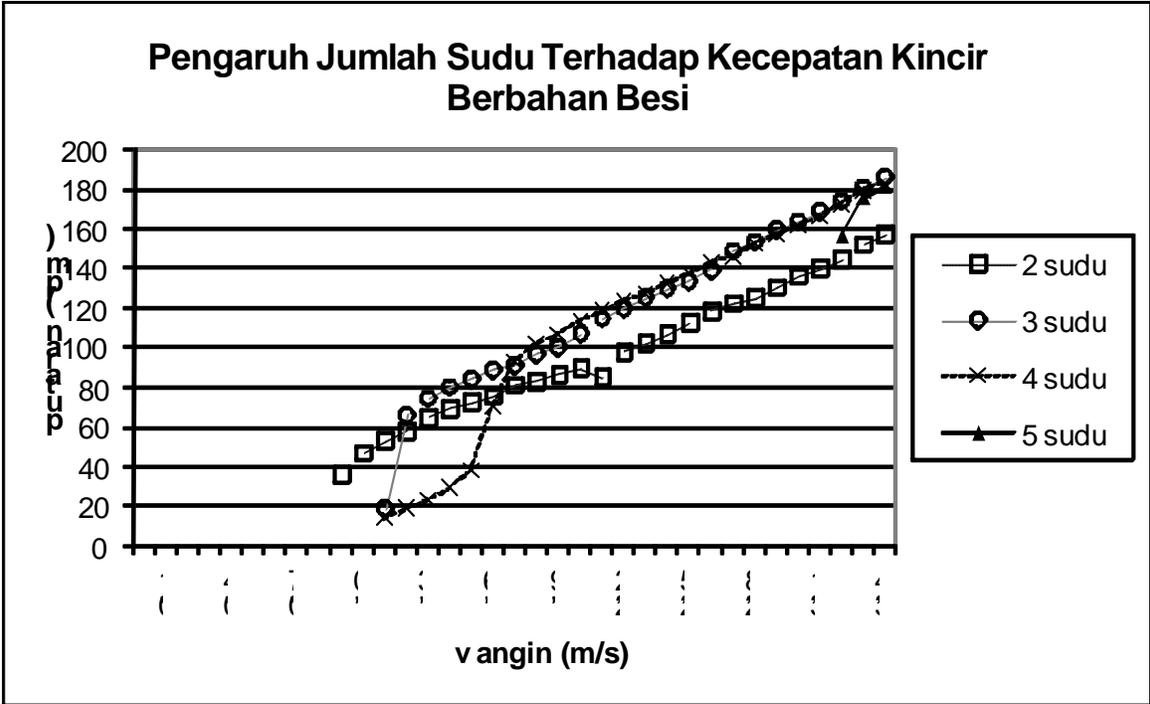
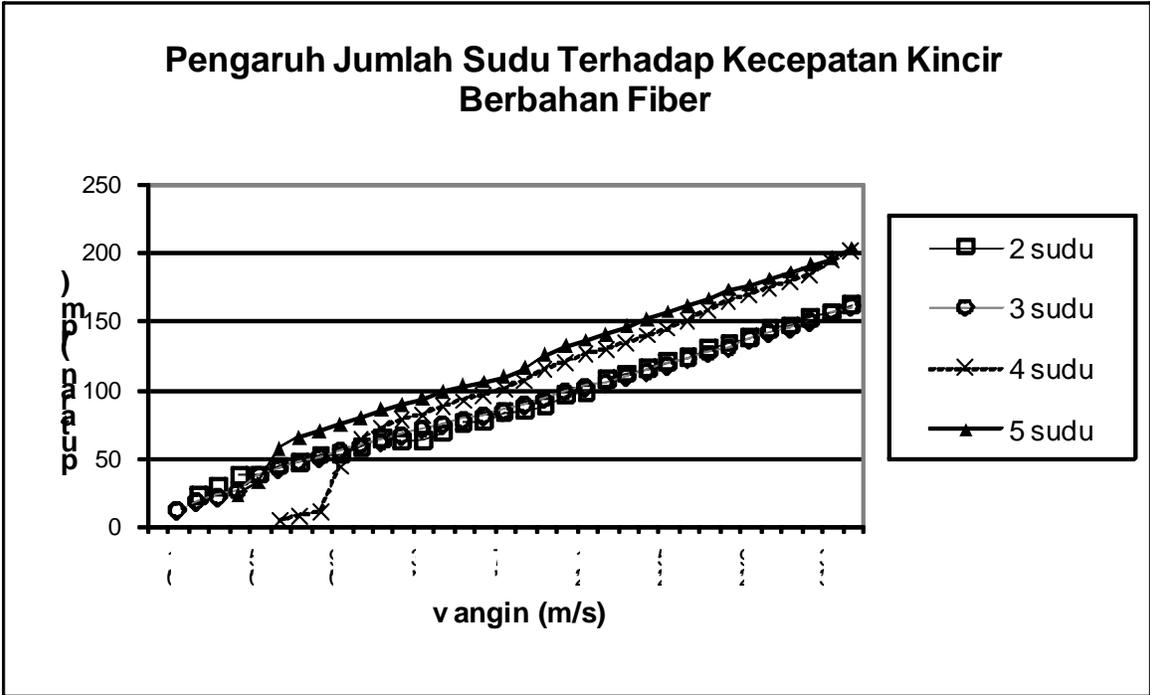
Dari hasil penelitian pengaruh jenis bahan dan jumlah sudu didapatkan hasil bahwa kincir berbahan fiber dan alumunium merupakan kincir yang memiliki prospek untuk dikembangkan lebih lanjut, karena memiliki kecepatan angin untuk inisiasi putaran yang lebih kecil (untuk menjawab permasalahan bahwa kincir harus mampu beroperasi pada kecepatan angin rendah) dan memiliki kecepatan putar yang dihasilkan cukup besar, sehingga dua jenis kincir inilah yang akan diuji lebih lanjut karakteristiknya terhadap pengaruh perubahan sudut kipas.

Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kecepatan Kincir Berbahan Alumunium



Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kecepatan Kincir Berbahan Seng





Gambar 5.2. Perbandingan putaran yang dihasilkan sebagai akibat variasi jumlah sudu

5.3. Pengaruh Variasi Sudut Kipas Terhadap Kecepatan Putar Kincir

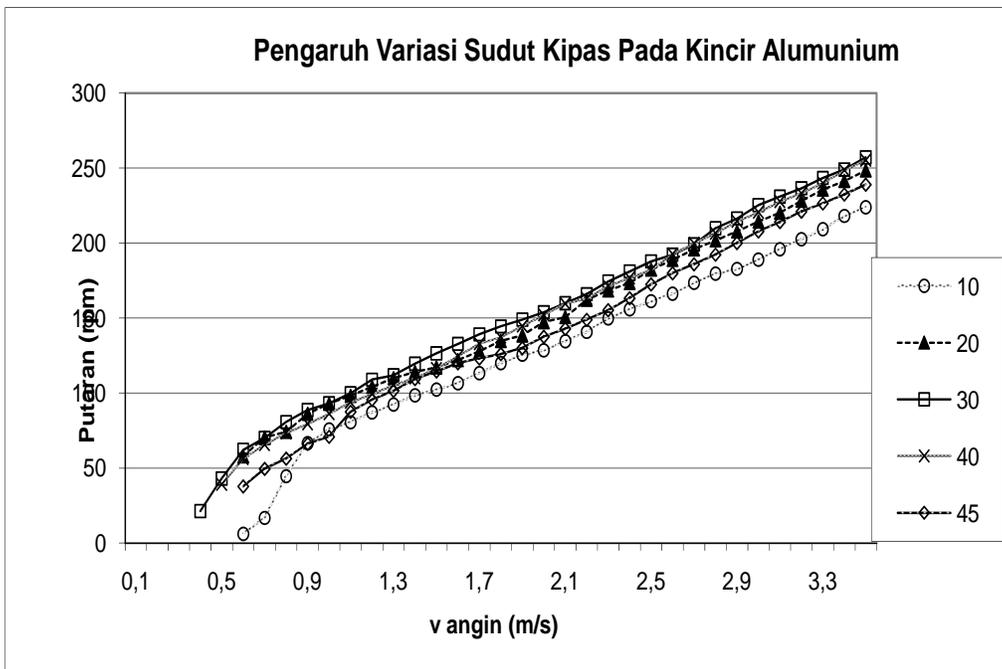
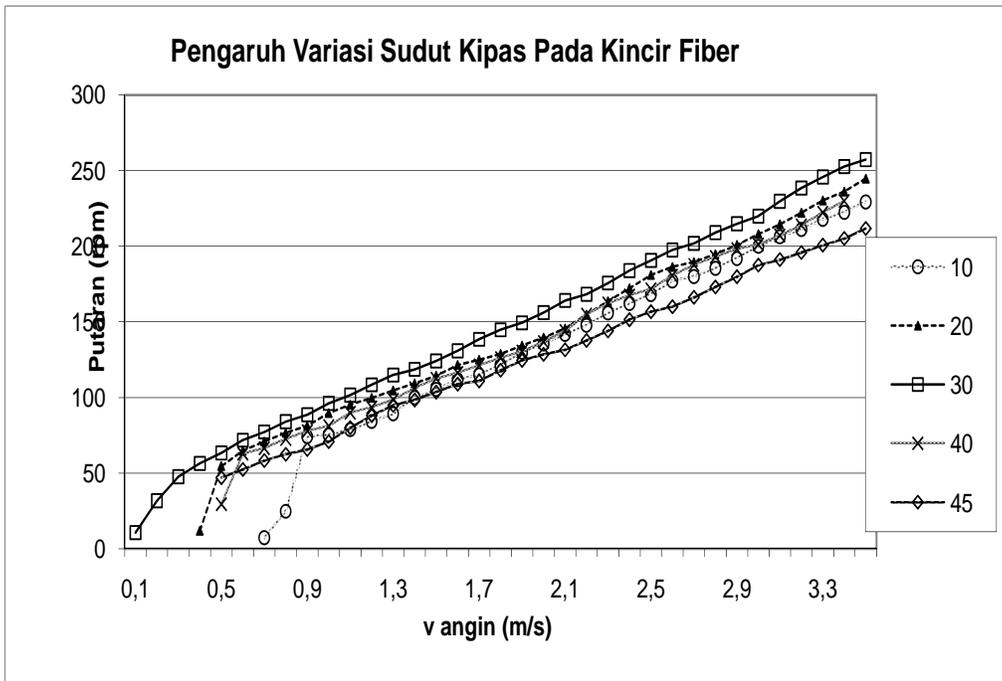
Seperti dijelaskan diawal, kincir dengan bahan aluminium dan fiber prospektif untuk dikembangkan lebih lanjut, sehingga kedua jenis kincir tersebut akan diuji terhadap perubahan sudut kincir.

Hasil penelitian disajikan dalam gambar 5.3. Dari gambar tersebut tampak bahwa terdapat satu kondisi sudut kipas yang optimal, dimana bila sudut tersebut diperbesar maka putaran poros output untuk kecepatan angin yang sama akan menurun.

Hal tersebut dikarenakan dengan bertambahnya sudut kipas maka luasan area tangkapan angin akan semakin luas, namun bila sudut terlalu besar, maka luasan tangkapan angin tersebut akan mengecil sehingga jumlah angin yang dapat dikonversikan menjadi energi gerak akan semakin kecil.

Dan dari gambar 5.3 tersebut, tampak bahwa kincir berbahan fiber dengan kipas sejumlah 5 buah dengan sudut kipas 30° , memiliki karakteristik terbaik bila dibandingkan dengan kincir yang lain (baik yang berbahan fiber maupun aluminium), karena kecepatan angin inisiasi rendah dengan range konversi putaran poros yang lebih besar (sampai dengan 250 rpm, sehingga kincir inilah, **kincir yang terbaik dalam penelitian ini**

Sementara itu tingkat kebisingan untuk semua pengujian berkisar antara 57 dB sampai dengan 87 dB dengan kebisingan "back ground" berupa kebisingan wind tunnel rata-rata sebesar 58 dB, sehingga dengan selisih kebisingan 29 dB relatif tidak memunculkan permasalahan polusi udara.



Gambar 5.3. Perbandingan putaran yang dihasilkan sebagai akibat variasi sudut kipas

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan , dapat disimpulkan

- a. Jenis bahan kipas membawa pengaruh terhadap kecepatan angin awal untuk menginisiasi putaran poros kestabilan putarn poros. Hasil penelitian menunjukkan semakin berat bahan kipas maka kecepatan angin untuk menginisiasi putaran semakin besar dan semakin berat bahan kipas maka putaran yang dihasilkan akan stabil
- b. Jumlah kipas dalam satu kincir akan menentukan kecepatan aingin awal untuk menginisasi putaran , dan semakin banyak jumlah kipas maka semakin besar putaran poros yang dihasilkan
- c. Besar sudut kipas memiliki nilai optimal yaitu sebesar 30^0 , dimana bual udur diperbesar akan murunkan kecepatan putar poros yang dihasilkan,
- d. Kincir terbaik yang dihasilkan dari penelitian ini, yang diharapkan mampu menjawab permasalahan adalah kincir berbahan fiber dengan kipas sejumlah 5 buah dengan sudut kipas 30^0 , dengan kecepatan angin inisiasi rendah (o,1 m/s) dengan range konversi putaran poros yang lebih besar (sampai dengan 250 rpm

6.2. Saran

Setelah didapatkan desain kincir terbaik , untuk kedepan perlu dipertimbangkan untuk melakukan pengujian terhadap kekuatan material terpilih, yaitu fiber, terhadap beban yang diterima, sehingga dapat ditemukan batas kecepatan angin atau batas putaran poros yang diijinkan terkait dengan material kipas, dan untuk lebih lanjutnya perlu dilakukan penelitian mengenai metode dan teknik untuk melepaskan kincir dari beban angin yang muncul bila beban telah berlebih.

Lampiran 1. Daftar Pustaka

- Anonim, 1989, *Rancangan Pembuatan dan Pengujian Prototype Turbin Angin 200W*, Proyek Penelitian dan Pengembangan Energi Angin, LAPAN, Jakarta
- Ginting, Dines., 1990, *Pengkajian Energi Listrik Yang Dihasilkan Turbin Angin 200 W Untuk Penggunaan Pada Rumah Tangga di Pedesaan*, Warta LAPAN No. 32/33
- Himran, Syukri., 2001, *Utilization of Wind Energy*, CIRERD 2001, Denpasar Bali
- Pakpahan, Sahat, 2001, *Problem Identification and Solution For Wind Energy Resources Assessment In Indonesia*, CIRERD 2001, Denpasar Bali.
- Murwatono, Totok Triputrastyo, 2001, *Studi Pengaruh Kekasaran Leading Edge Terhadap Unjuk Kerja Propeller*, Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia, Vol. 3 Nomor 5, hal. 157-166.
- Soeripan, 1990, *Uji Coba Pemanfaatan Sistem Konversi Angin Untuk Pengairan Sawah di Desa Tenjoayu Wilayah Koperasi Unit Desa Tirtayasa Timur Kabupaten Serang Jawa Barat*, Majalah LAPAN NO. 60/61
- Sugiarmadji, Djojodihardjo, Harijono., 1990, *Perancangan Kincir Angin Sudu Majemuk Untuk Pemompaan Air/Pertanian Jenis EN-SM-03*, Pustegan LAPAN, Jakarta