

## PEMANFAATAN WRF-ARW UNTUK SIMULASI POTENSI ANGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI DI TELUK BONE

ANGGI DEWITA<sup>1,‡</sup>, AHMAD SHIRAT ABU BAKAR<sup>2</sup>, KHALID DWICAHYO<sup>3</sup>

<sup>1,2)</sup>Prodi Meteorologi, <sup>(3)</sup>Prodi Instrumentasi  
Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG),  
Pondok Betung, Tangerang Selatan, Indonesia

**Abstrak.** Beberapa wilayah di Indonesia memiliki potensi menggunakan angin untuk dikonversikan menjadi energy listrik. Penggunaan angin sebagai sumber energy listrik memiliki beberapa kelebihan, diantaranya adalah bebas polusi dan dapat terbaharukan. Untuk membangun pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) di suatu daerah diperlukan studi mengenai karakteristik klimatologis angin daerah tersebut. Kajian menggunakan Weather Research Forecasting (WRF) dapat dilakukan terhadap wilayah manapun sehingga dapat dianalisa karakteristik anginnya, apakah layak dibangun PLTB atau tidak. Teluk Bone merupakan wilayah dengan potensi wisata yang besar. Dengan melakukan simulasi data Final Analysis (FNL) selama 6 hari dalam 6 bulan didapatkan bahwa sistem angin lokal dominan di wilayah ini dan bertiup sepanjang tahun dengan rincian angin laut bertiup pada pagi menjelang siang dengan arah dari tenggara dan kecepatan 3-8 m/s, sementara angin darat bertiup dengan arah cenderung dari barat laut dan kecepatan 2-4m/s pada malam hari. Wilayah ini cukup potensial untuk pemanfaatan energy angin skala kecil dengan pertimbangan fluktuasi kecepatan angin.

*Kata kunci :* energi terbaharukan, angin, WRF

**Abstract.** Some regions in Indonesia have the potential to use wind and converted it into electrical energy. The use of wind as a source of electrical energy has several advantages, such as pollution-free and renewable. To build the wind power electricity generation (PLTB) in an area required the study of wind climatological characteristics of the area. Studies using the Weather Research Forecasting (WRF) can be performed on any area that can be analyzed characteristics of the wind. Teluk Bone is an area with great tourism potential. By simulating the Final Analysis data 6 days in 6 months showed that the local wind system dominant at this area and wind blows all year with the details of the sea breeze blowing at midmorning with the dominant direction of the southeast and the speed of 3-8 m/s, while landbreeze is blowing with dominant direction northwest and the speed of 2-4 m/s at night. This area has good potential for small-scale wind energy utilization with consideration fluctuations in wind speed.

*Keywords:* renewable energy, wind, WRF

### 1. Pendahuluan

Dengan bertambahnya populasi di dunia dan pesatnya laju ilmu pengetahuan ,maka bisa dipastikan kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat. Hal ini menimbulkan permasalahan baru karena sumber listrik kita selama ini berasal dari bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui. Pemanfaatan sumber energi yang dapat diperbaharui menjadi pilihan utama. Salah satu dari sumber energi tersebut adalah tenaga angin. Manusia telah mengeksplorasi manfaat angin sebagai sumber energi lebih dari ribuan tahun. Di era modern ini, pemanfaatan angin untuk menghasilkan listrik banyak dilakukan di negara-negara maju. Hampir 20% dari kebutuhan energi negara Jerman dan Denmark telah dipenuhi oleh energi angin.

---

<sup>‡</sup>email : dewita.anggi@gmail.com

Pemerintah Indonesia berencana untuk memasang Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) dengan kapasitas sampai 250 MW dengan dalam jangka waktu hingga 2025. Dalam Irawan (2011), potensi PLTB di Indonesia baru sekitar 0.5 GW yang dikembangkan dari 9,29 GW yang ada. Sementara survey dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) melakukan survey yang hasilnya menyatakan pengembangan PLTB di Indonesia memiliki kendala berupa rendahnya distribusi kecepatan angin di Indonesia yang berkisar antara 2,5 – 6 m/s dan besarnya fluktuasi kecepatan angin yang berarti profil kecepatan angin dapat berubah drastis dengan interval yang cepat. Kincir angin yang efisien perlu terpapar angin setidaknya 3-4,5 m/s untuk menghasilkan listrik dan akan mencapai performa terbaik pada kecepatan dari 5,3-9 m/s.

Dalam kondisi seperti ini, PLTB yang cocok diterapkan di wilayah Indonesia adalah pembangkit dengan kapasitas di bawah 100 Kw dan dengan menggunakan Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV). Penelitian Rifadil dkk (2013) menyimpulkan dengan TASV berkincir diameter 60 cm 36 sudu menghasilkan daya 63.65 Watt saat angin berkecepatan 1.45 m/s putaran kincir pada poros 229 RPM pada torsi sebesar 7.19 Nm. Untuk membangun PLTB dibutuhkan data klimatologis angin disuatu daerah untuk pemilihan lokasi (sitting) yang tepat dan berlaku sepanjang waktu guna mesin turbin angin. Sementara kajian potensi energi angin memerlukan biaya besar untuk membangun anemometer dan waktu yang tidak sebentar.

Penggunaan model cuaca numerik Weather Research and Forecasting dapat dimaksimalkan untuk mendapatkan data klimatologi angin disuatu daerah, karena memiliki resolusi spasial dan temporal yang bagus dan juga lebih efisien dalam biaya dan waktu yang digunakan. Weather Research and Forecasting - Advanced Research WRF (WRF-ARW) merupakan model generasi lanjutan sistem prediksi cuaca numerik skala meso yang didesain untuk melayani prediksi operasional dan kebutuhan penelitian atmosfer. WRF-ARW cocok digunakan untuk aplikasi skala kecil maupun luas dengan resolusi meter hingga ribuan kilometer. WRF-ARW dapat dijalankan menggunakan data kondisi inisial yang didefinisikan secara analitik untuk simulasi ideal, maupun menggunakan data hasil interpolasi dari output model global. Dalam model ini, digunakan data grib dari model global GFS (Global Forecasting System).

Penelitian mengenai angin laut dan angin darat pernah dilakukan oleh Anzhar (2000) pada lokasi tapak terpilih untuk fasilitas nuklir di Semenanjung Muria menggunakan perhitungan komputasi berdasarkan data sekunder yang dilakukan Newjec (1996) yaitu dengan menghitung kejadian angin laut dan angin darat.

Teluk Bone adalah sebuah teluk yang berada di selatan pulau Sulawesi dengan potensi wisata yang sedang berkembang. Teluk Bone memiliki curah hujan yang hampir merata setiap tahunnya. Sehingga dari BMKG mengklasifikasikannya ke dalam daerah non-zon atau daerah yang tidak bisa dibedakan musim hujan dan musim kemaraunya. Berdasarkan data hujan normal Stamet Masamba sebagai representasi daerah kajian, curah hujan maksimum terjadi pada bulan Maret, April dan Mei sedangkan curah hujan minimum pada bulan September, Oktober dan November.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensimulasikan kondisi angin rata-rata di Teluk Bone sepanjang tahun menggunakan model cuaca numerik WRF-ARW sehingga mendapat data gambaran umum klimatologis angin tanpa memerlukan biaya yang besar dan waktu yang lama.

## 2. Metode Penelitian

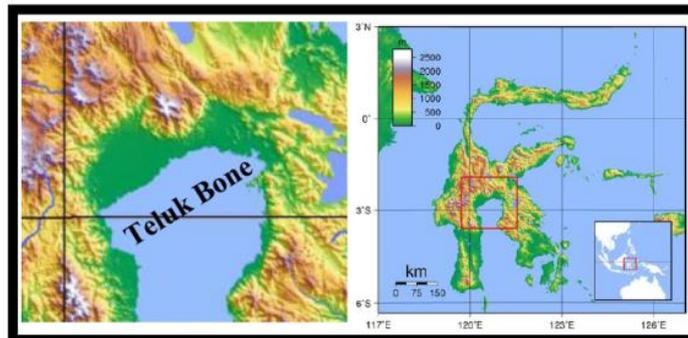
### 2.1 Data

Pada penelitian ini, simulasi dengan model WRF – ARW menggunakan data FNL (Final Analysis) dari NCEP yang diunduh dari website internet <http://rda.ucar.edu>. Data FNL merupakan data model yang telah dibandingkan data lain kemudian digunakan sebagai data masukan program WRF-ARW. Data FNL memiliki resolusi  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  dengan rentang setiap 6 jam. Keunggulan metode ini terletak pada resolusi spasial dan temporal yang lebih rapat dibanding model prediksi cuaca numerik lain seperti *ECMWF* (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts).

Pada bulan curah hujan maksimum dan curah hujan minimum dipilih satu hari secara acak sebagai representatif kondisi atmosfer, yaitu pada tanggal 21 Maret, 10 April, 10 Mei, 7 September, 23 Oktober, dan 14 November.

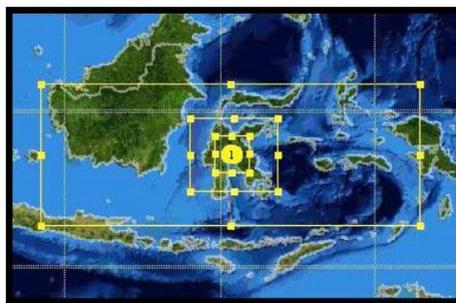
### 2.2 Metode Penelitian

Model penelitian yang digunakan adalah studi kasus pada peristiwa angin lokal di daerah daerah perairan Teluk Bone dan beberapa daerah yang berada di sebelah utaranya, antara lain Luwu Utara, Palopo dan Luwu Raya. Di sebelah utara daerah Luwu Raya membentang dataran tinggi dan pegunungan yang membelah pulau Sulawesi.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Dari data yang ada akan dilakukan simulasi menggunakan model WRF-ARW. Dilakukan downscaling dan nesting hingga 3 domain.



Gambar 2. Peta Domain Model WRF-ARW

Domain terbesar yang digunakan adalah wilayah Sulawesi dan sebagian Kalimantan dan Maluku. Sedangkan domain terkecil adalah wilayah Luwu Raya dan sekitarnya termasuk wilayah kajian. Konfigurasi yang dipakai seperti pada tabel berikut.

**Tabel 1.** Konfigurasi Model WRF-ARW

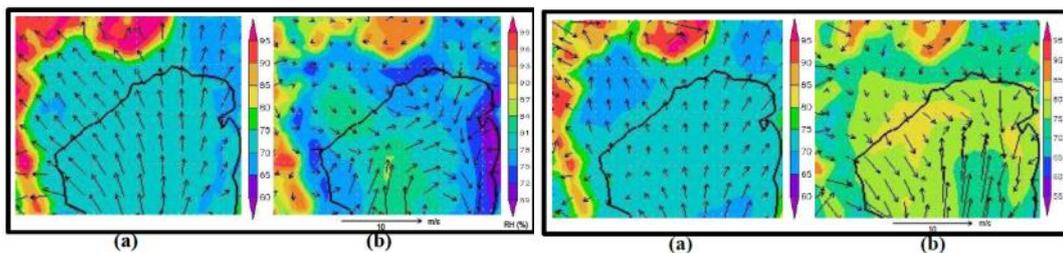
Konfigurasi	Domain		
	1	2	3
Resolusi Model	30 km	10 km	3,3 km
Resolusi Data Geog	10m	5m	30s
History Interval	180	180	60
Skema Parameterisasi			
Mikrofisik	WSM-3		
Kumululus	Kain-Fritsch		
Radiasi Gelombang Pendek	Dudhia		
Radiasi Gelombang Panjang	RRTM		
PBL	YSU		

Untuk skema parameterisasi yang digunakan, menggunakan skema parameterisasi default. Pada percobaan sebelumnya di daerah kajian menunjukkan bahwa dengan skema parameterisasi default, angin yang ditampilkan model WRF hampir sama dengan angin pengamatan yang tercatat di stasiun.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Profil angin secara umum

Untuk melihat secara pasti arah dan kecepatan angin di daerah kajian, Dalam 24 jam dibagi ke 2 bagian. Angin rata-rata antara jam 00.00-12.00 UTC untuk melihat kondisi angin secara umum pada siang hari dan angin rata-rata pukul 12.00-24.00 UTC untuk melihat kondisi angin pada malam hari.

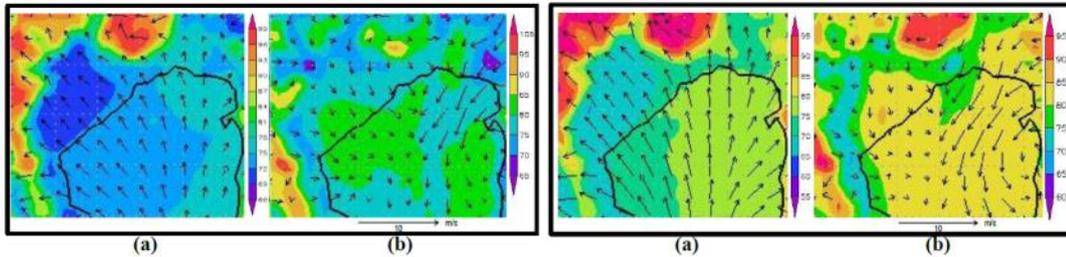


**Gambar 3.** Tanggal 23 Maret  
(a) 00 -12 UTC; (b) 12-24 UTC

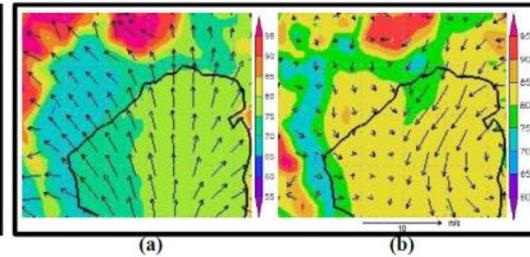
**Gambar 4.** Tanggal 10 April  
(a) 00 -12 UTC; (b) 12-24 UTC

Berdasarkan 6 peta angin yang mewakili bulan-bulan dengan curah hujan tinggi (Maret, April, Mei) dan bulan-bulan dengan curah hujan kurang (September, Oktober, November), semuanya menunjukkan keadaan yang sama yaitu sepanjang pukul 00-12 UTC, angin didominasi oleh angin laut yang berasal dari arah tenggara dengan kecepatan sekitar 3-8 m/s. Sedangkan sepanjang pukul 12-24 UTC, angin didominasi oleh angin darat dengan arah bertiup dari barat laut dan kecepatan sekitar 2-4 m/s. Kecepatan angin darat maksimum tidak dapat ditentukan waktu kejadiannya karena

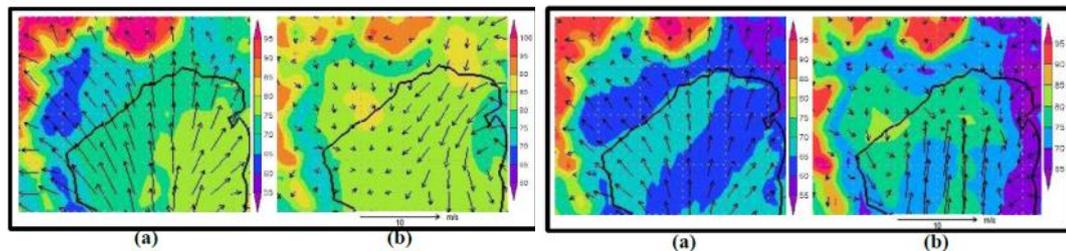
bisa terjadi pada waktu yang berbeda-beda. Jika dibandingkan dengan kecepatan angin laut, maka kecepatan angin darat terlihat lebih lemah.



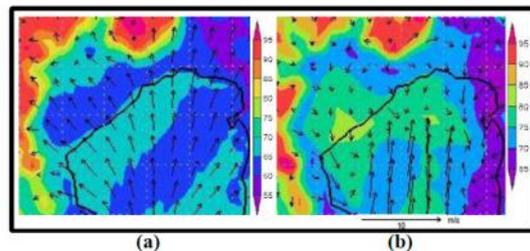
**Gambar 5.** Tanggal 10 Mei  
(a) 00 -12 UTC; (b) 12-24 UTC



**Gambar 6.** Tanggal 7 September  
(a) 00 -12 UTC; (b) 12-24 UTC



**Gambar 7.** Tanggal 23 Oktober  
(a) 00 -12 UTC; (b) 12-24 UTC



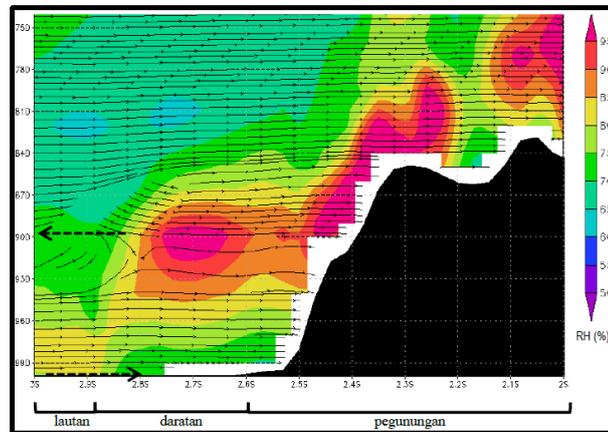
**Gambar 8.** Tanggal 14 November  
(a) 00 -12 UTC; (b) 12-24 UTC

Kecepatan angin laut di daerah kajian memiliki variasi jam-jaman, begitupun untuk angin darat. Pada pagi hari, kecepatan angin cenderung lemah karena saat itu merupakan waktu peralihan antara angin darat dan angin laut. Menjelang siang hari ketika suhu daratan mulai panas akibat penyinaran matahari yang semakin giat, angin laut dari tenggara sudah terlihat jelas. Kecepatan angin laut maksimum terjadi saat perbedaan tekanan udara lautan dan daratan mencapai nilai tertinggi. Waktu tersebut terjadi sekitar pukul 2 siang. Memasuki sore hari, kecepatan angin laut melemah dan arah angin mulai terganggu. Saat itu, angin darat terlihat mulai giat. Untuk bulan-bulan dengan curah hujan tinggi (Maret, April dan Mei), kejadian angin darat dimulai sedikit lebih awal dibandingkan bulan-bulan dengan curah hujan rendah (September, Oktober dan November).

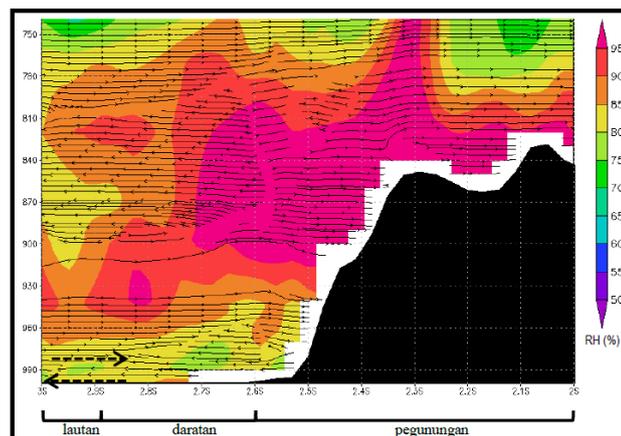
### 3.2. Profil angin secara vertikal

Ketinggian vertikal angin laut dan angin darat dianalisa untuk mengetahui hingga ketinggian berapa menara kincir angin dapat dibangun berdasarkan sistem angin di Teluk Bone. Sample diambil tanggal 23 Maret pada pukul 11 siang untuk melihat angin laut dan juga pukul 11 malam untuk melihat angin darat. Berikut gambar *vertical cross section* hasil pemotongan pada bujur  $120.32^{\circ}$  BT di sepanjang lintang  $2^{\circ}$  LS hingga  $3^{\circ}$  LS.

Pada Gambar 9 terlihat angin laut pada siang hari terjadi di permukaan dan berpenetrasi hingga ke daerah pegunungan. Secara vertikal, angin laut berpengaruh hingga di ketinggian sekitar 900 mb atau 1100 meter. Ini dapat ditentukan dari pembalikan arah angin laut pada ketinggian tersebut.



**Gambar 9.** Vertical cross section angin laut tanggal 23 Maret 2014



**Gambar 10.** Vertical cross section angin darat tanggal 23 Maret 2014

Sementara Gambar 10 menunjukkan ketinggian vertikal angin darat hanya mencapai sekitar 980 mb atau 300 meter, dilihat dari ketinggian pembalikan arah anginnya. Hal ini membuktikan bahwa ketinggian vertikal angin laut pada umumnya lebih tinggi daripada ketinggian vertikal angin darat.

#### 4. Kesimpulan

Dapat disimpulkan model WRF-ARW berhasil mensimulasikan kondisi angin di Teluk Bone serta lebih efisien dalam perihal waktu dan biaya. Simulasi model ini dapat dilakukan di wilayah manapun di Indonesia karena memiliki resolusi spasial dan temporal yang baik.

Teluk Bone dipengaruhi oleh angin laut dan angin darat yang terjadi setiap hari sepanjang tahun, menunjukkan wilayah tersebut mempunyai faktor lokal yang kuat. Arah angin laut di wilayah kajian adalah dari tenggara sedangkan arah angin darat dari barat laut. Kecepatan angin laut rata-rata 3-8 m/s sementara angin darat hanya sekitar 2-4 m/s, menunjukkan angin laut pada umumnya

lebih kencang dibandingkan angin darat. Arah angin laut lebih seragam dibandingkan arah angin darat yang cenderung tidak beraturan.

Intrusi angin laut memiliki profil vertikal yang lebih tinggi mencapai 1100 meter, dibandingkan dengan angin darat yang hanya mencapai 900 meter. namun hal tersebut tidak terlalu signifikan pengaruhnya, karena ketinggian rata-rata menara kincir angin saat ini hanya berkisar antara 80-100 meter.

Lokasi ini memiliki potensi untuk menggunakan angin sebagai sumber energi terbarukan terutama dengan menggunakan Turbin Angin Sumbu Vertikal dan dalam skala kecil/rumahan karena fluktuasi angin yang terjadi cukup signifikan antara siang dan malam hari.

### **Ucapan terima kasih**

Terima kasih kami ucapkan kepada Drs. Achmad Zakir, MSi selaku dosen pembimbing dan kepada Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika sebagai institusi tempat kami menimba ilmu.

### **Daftar Pustaka**

1. Anzhar, K., Susilo, Y.S.B., Pola Angin Laut dan Angin Darat di Daerah Ujung Lemahabang, Semenanjung Muria, Jurnal Pengembangan Ilmu Nuklir, Vol 2, (2000), 199-206.
2. Irawan, Pembangkit Listrik Hybrid di Pantai Pandansimo Bantul, (2011), Universitas Teknologi Yogyakarta.
3. Rifadli, M.M., Purwanto, E., Jaya, A., Prabowo, G., Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Kincir Angin Sumbu Vertikal untuk Beban Rumah Tinggal, (2013), Seminar on Intellegent Technology and It's Applications
4. Skamarock, W.C., Klemp, J.B., Dudhia, J., Gill, D.O., Barker, D.M., Wang, W., Powers, J.G., *A Description of The Advanced Research WRF version 2*, (2005), CAR, USA.
5. Wang, W., Buyere, C., Duda, M., Dudhia, J., Gill, D.O., Lin, H., Michalakes, J., Rizvi S., Zhang, X., *WRF ARW Modelling version 3 User's Guide*, (2010), UCAR, USA.
6. [www.avea.org/Resource/Content.aspx?ItemNumber=5083](http://www.avea.org/Resource/Content.aspx?ItemNumber=5083), diakses 15 Oktober 2015
7. [www.academia.edu/6423847/ANGIN\\_SEBAGAI\\_ENERGI\\_ALTERNATIF](http://www.academia.edu/6423847/ANGIN_SEBAGAI_ENERGI_ALTERNATIF), diakses 15 Oktober 2015
8. [www.litbang.esdm.go.id/index.php?option=com\\_content&view=article&id=78:ply-angin&catid=80:ketenagalistran-dan-ebtke&Itemid=93](http://www.litbang.esdm.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=78:ply-angin&catid=80:ketenagalistran-dan-ebtke&Itemid=93), diakses 15 Oktober 2015
9. [id.m.wikihow/membangun-turbin-angin](http://id.m.wikihow/membangun-turbin-angin), diakses 15 Oktober 2015