

Rancang Bangun Sistem Monitoring Kecepatan Angin Berbasis Mikrokontroler ATmega32 Pada Turbin Angin Tipe Horizontal Axis

Sinta Dewi Rahmawati

Jurusan Teknik Fisika, Diploma Tiga Metrologi dan Instrumentasi, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail : sintashafa@gmail.com

Abstrak -- Sistem monitoring kecepatan angin pada turbin angin difungsikan untuk mendapatkan data kecepatan angin yang akurat, serta sebagai data acuan dalam menentukan lokasi pemasangan turbin angin. Oleh karena itu pada tugas akhir ini telah dirancang sistem pengukur kecepatan angin untuk mengetahui karakteristik alat ukur. Sistem monitoring ini menggunakan alat ukur kecepatan angin dengan modul optocoupler sebagai sensor yang berbasis mikrokontroler ATmega32. Pengujian dilakukan dengan membandingkan alat ukur kecepatan angin yang telah dibuat dengan alat ukur kecepatan angin standar. Dari hasil pengujian pada alat ukur diketahui alat ukur mempunyai ketidakpastian UA_1 sebesar 0,3012. Nilai ketidakpastian UA_2 sebesar 0,4638, UB_1 sebesar 0,0002886, ketidakpastian diperluas (U_{expand}) sebesar 1,1644. Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas, menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar $\pm 1,164477453$. Untuk monitoring menggunakan Visual Studio Net 2013, MySQL, dan data logger menggunakan MMC. Hasil monitoring menunjukkan bahwa kecepatan angin yang terjadi tanggal 19 Juli 2016 pukul 22:09:23 – 22:19:53 memiliki rata-rata kecepatan 2,554 m/s, dan 25 Juli 2016 pukul 18:36:47 – 18:39:53 memiliki rata-rata kecepatan 8,409 m/s.

Kata kunci : monitoring, alat ukur kecepatan angin, ketidakpastian alat ukur, turbin angin tipe horizontal axis

I. PENDAHULUAN

Energi merupakan suatu kebutuhan primer yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan, energi memiliki peran yang dominan, yakni sebagai salah satu pendapatan Negara, bahan bakar dan bahan baku industri, penggerak kegiatan ekonomi, dan beberapa peran penting

lainnya, dimana hampir semua aktivitas manusia berhubungan dengan energi. Namun kebutuhan energi tersebut tidak berbanding lurus dengan ketersediaan sumber energi. Di Indonesia bahan bakar fosil masih menjadi bahan bakar andalan dalam mencukupi kebutuhan pokok energi. Menurut Dewan Energi Nasional (DEN), ketergantungan terhadap energi fosil, terutama minyak bumi dalam pemenuhan konsumsi di dalam Negeri masih tinggi, yaitu sebesar 96% (minyak bumi 48%, gas 18%, dan batubara 30%) dari total konsumsi energi nasional. Dalam upaya pemenuhan kebutuhan energi tersebut mendorong semakin gencarnya dalam eksploitasi sumber bahan bakar fosil yang menyebabkan faktor dari kelangkaan bahan bakar fosil. Dari hal tersebut untuk menurunkan tingkat ketergantungan pada bahan bakar fosil dan untuk membantu dalam memasok energi tambahan dibutuhkan adanya sumber energi baru dan terbarukan.

Energi baru dan terbarukan mulai dikembangkan seiring dengan semakin menipisnya persediaan bahan bakar fosil dan juga untuk menanggulangi efek dari bahan bakar fosil tersebut. Menurut Peraturan Presiden Nomor 05 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) telah menetapkan target pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) sebesar 17% dari total Bauran Energi Nasional (BEN) pada tahun 2025. Kebijakan Energi Nasional (KEN) ditetapkan oleh pemerintah selain untuk mengatasi permasalahan persediaan bahan bakar fosil adalah untuk mengatasi wilayah yang belum terjangkau dengan energi, khususnya energi listrik pada wilayah perbatasan Indonesia. Rasio elektrifikasi Indonesia 81,70%, menunjukkan bahwa belum seluruh daerah di Indonesia mendapatkan fasilitas listrik. terdapat kurang lebih 1.690 desa di Maluku dan Maluku Utara yang belum

terjangkau energi listrik [5]. Total terdapat 890 desa di Maluku dan 800 di Maluku Utara, 400 desa diantaranya belum terjangkau listrik, dan 35 desa sudah terjangkau listrik melalui program listrik pulau terluar [7].

Dalam pengembangan energi baru dan terbarukan, angin atau energi bayu memiliki potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan menjadi energi listrik di Indonesia. Kondisi geografi Indonesia yang terdiri dari 2/3 wilayah lautan dan memiliki garis pantai \pm 80.791Km. Di Indonesia, kecepatan angin berkisar antara 2 m/s hingga 6 m/s. Dengan karakteristik kecepatan seperti itu, Indonesia dinilai cocok untuk menggunakan pembangkit listrik tenaga angin skala kecil (10 kW) dan menengah (10 – 100 kW); untuk penggunaan energi seperti misalnya, lampu, pompa air, alat – alat elektronik, dan lain-lain. Pusat tenaga angin sebagian besar masih berada di Nusa Tenggara Timur yang memiliki kecepatan angin lebih dari 5 m/s. ditunjukkan bahwa potensi angin di Indonesia mencapai 9,286 MW; dimana penggunaan hingga tahun 2004 masih kurang dari 0,5 MW berdasarkan data dari *Indonesia Energi Outlook and Statistics 2004*.

Energi angin dapat dimanfaatkan melalui penggunaan turbin angin. Ada beberapa tipe turbin angin yang digunakan saat ini, salah satunya turbin angin tipe horizontal axis. Turbin angin tipe ini merupakan salah satu turbin angin yang cocok untuk daerah dengan potensi energi angin berkecepatan rendah, dengan efisien tinggi, rendah dalam vibrasi dan bising, serta memiliki potensial power yang tinggi dari pada tipe turbin angin VAWT. Di wilayah Indonesia, khususnya di Tanjung Perak Surabaya memiliki kecepatan angin laut antara 2 – 10 knot [2]. Dengan kondisi demikian maka turbin angin untuk skala kecil dapat beroperasi dengan baik, khususnya dalam instalasi turbin angin untuk energi alternatif pada pesisir pantai. Menurut data hasil penelitian mengenai pemasangan turbin angin di wilayah pesisir, didapatkan bahwa dengan dimensi turbin angin dengan tinggi 1,427 m dan diameter 1,713 m dengan kecepatan angin 2,5 m/s dapat menghasilkan daya output sebesar 77,312W [1].

Sistem monitoring kecepatan angin pada turbin angin difungsikan untuk mendapatkan data kecepatan angin yang akurat, serta sebagai data acuan dalam menentukan lokasi pemasangan turbin angin. Anemometer

merupakan piranti yang penting untuk mendapatkan data kecepatan angin, dengan pemasangan anemometer pada turbin angin dapat dimungkinkan monitoring lokasi pemasangan turbin angin secara kontinyu. Dalam pembuatan alat pengukur kecepatan angin dapat memanfaatkan mikrokontroler ATmega32 yang dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan alat. Pada alat ukur kecepatan angin ini digunakan anemometer *cup* dengan modul sensor optocoupler, sebagai alat ukur untuk mendeteksi jumlah putaran *cup* anemometer. Sehingga pada tugas akhir ini dirancang sebuah sistem monitoring kecepatan angin menggunakan Visual Studio 2013 dengan menggunakan database MYSQL dan data logger MMC.

II. TEORI PENUNJANG

2.1 Potensi Angin

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke bertekanan udara rendah. Apabila dipanaskan, udara memuai. Udara yang telah memuai menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal ini terjadi, tekanan udara turun karena udaranya berkurang. Penyebab timbulnya angin adalah matahari. Bumi menerima radiasi sinar matahari secara tidak merata. Dengan demikian, daerah 4 khatulistiwa akan menerima energi radiasi matahari lebih banyak daripada di daerah kutub, atau dengan kata lain, udara di daerah khatulistiwa akan lebih tinggi dibandingkan dengan udara di daerah kutub. Pertukaran panas pada atmosfer akan terjadi secara konveksi. Berat jenis dan tekanan udara yang disinari cahaya matahari akan lebih kecil dibandingkan jika tidak disinari. Perbedaan berat jenis dan tekanan inilah yang akan menimbulkan adanya pergerakan udara. Pergerakan udara ini merupakan prinsip dari terjadinya angin. Secara ilmiah, pada abad ke-17, seorang fisikawan Itali, Evangelista Torricelli, mendeskripsikan bahwa angin dihasilkan karena adanya perbedaan suhu udara, dan juga perbedaan kepadatan (akibat perbedaan suhu udara), di antara dua daerah.

Apabila kita asumsikan bahwa Bumi tidak berotasi, permukaan yang datar, dan udara yang lebih hangat terjadi pada daerah khatulistiwa dibandingkan pada kutub. Pada bulan Oktober – April, matahari berada pada belahan langit Selatan, sehingga benua Australia lebih banyak memperoleh pemanasan matahari dari benua Asia. Akibatnya di Australia terdapat pusat tekanan udara rendah (depresi) sedangkan di Asia terdapat pusat tekanan udara tinggi (kompresi). Keadaan ini menyebabkan arus angin dari benua Asia ke benua Australia. Di Indonesia angin ini merupakan angin musim Timur Laut di belahan bumi Utara dan angin musim Barat di belahan bumi Selatan. Oleh karena angin ini melewati Samudra Pasifik dan Samudera Hindia maka banyak membawa uap air, sehingga pada umumnya di Indonesia terjadi musim penghujan. Musim penghujan meliputi seluruh wilayah Indonesia, hanya saja persebarannya tidak merata. Semakin ke timur curah hujan makin berkurang karena kandungan uap airnya semakin sedikit. Pada bulan April-Oktober, matahari berada di belahan langit utara, sehingga benua Asia lebih panas daripada benua Australia. Akibatnya, di Asia terdapat pusat tekanan udara rendah, sedangkan di Australia terdapat pusat tekanan udara tinggi yang menyebabkan terjadinya angin dari Australia menuju Asia. Di Indonesia terjadi angin musim timur di belahan bumi selatan dan angin musim barat daya di belahan bumi utara. Oleh karena tidak melewati lautan yang luas maka angin tidak banyak mengandung uap air oleh karena itu pada umumnya di Indonesia terjadi musim kemarau, kecuali pantai barat Sumatera, Sulawesi Tenggara, dan pantai selatan Irian Jaya. Antara kedua musim tersebut ada musim yang disebut musim pancaroba (peralihan), yaitu musim kemarau yang merupakan peralihan dari musim penghujan ke musim kemarau, dan musim labuh yang merupakan peralihan musim 5 kemarau ke musim penghujan [3]. Energi yang dibangkitkan oleh angin selama per jam dapat dinyatakan dengan rumus :

$$W = P \times t \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :
 W = energi (watt jam)
 P = daya (watt)
 t = waktu (detik)

untuk mengetahui daya atau energi yang dikeluarkan oleh alternator berdasarkan kecepatan angin dan diameter baling-baling dapat dinyatakan dengan rumus:

$$P = 1/12 \times V^3 \times D^2 \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :
 P = daya atau energi (watt)
 V = kecepatan aliran udara (m/det)
 D = diameter baling-baling (m)

2.2 Teori Turbin Angin

Dalam menentukan nilai daya keluaran pada perancangan wind turbine dibutuhkan beberapa teori dalam menentukan parameter-parameter. Adapun persamaan – persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

a) Chort

Dalam menentukan nilai *chort* dibutuhkan parameter berupa *aspect ratio*. Pada perancangan *wind turbine* ini digunakan nilai *aspect ratio* 8, karena paling optimal.

$$Aspect\ Ratio = \frac{Span}{Chort} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana : *Aspect Ratio* = 8
Span = Tinggi blade (m)
Chort = lebar blade (m)

b) Jari – Jari

Dalam menentukan nilai jari – jari *blade wind turbine* dibutuhkan parameter berupa *coefficient of power* (Cp). Pada perancangan *wind turbine* ini digunakan nilai Cp 4, karena paling optimal.

$$Cp = \frac{Span}{R} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana : *Coefficient of power* (Cp) = 4
Span = Tinggi blade (m)
 R = Jari – jari blade (m)

c) Aswept

Adapun persamaan dalam menentukan luasan sapuan dari *blade wind turbine* adalah sebagai berikut:

$$Aswept = \pi \times D \times S \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana : *Aswept* = luasan sapuan blade (m)
 $\pi = 3,14$
 D = diameter (m)

S = Tinggi blade (m)
 d) Daya minimum (Pw)
 Adapun persamaan dalam menentukan daya minimum *wind turbine* adalah sebagai berikut:

$$P_w = 0,625 \times A_{swept} \times V^3 \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana : A_{swept} = luasan sapuan blade (m)

V = laju angin (m/s)

e) Efisiensi *Wind Turbine*

Adapun persamaan dalam menentukan efisiensi *wind turbine*, dengan asumsi

$\lambda=1,6 \rightarrow 1,5 \leq \lambda \leq 2,5$ adalah sebagai berikut:

$$\eta_{wt} = 0,055 \lambda + 0,399 \dots\dots\dots (2.7)$$

f) *Turbine Rotational Speed*

Adapun persamaan dalam menentukan *Turbine Rotational Speed* adalah sebagai berikut:

$$\omega = \frac{\lambda \times v}{R} \times \frac{60}{2\pi} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

λ = the tip speed ratio

v = the wind speed

R = radius wind turbine

g) *Torque Produced*

Adapun persamaan dalam menentukan *Torque Produced* adalah sebagai berikut:

$$T = \frac{P_w}{\omega} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

P_w = power in the wind (Watt)

ω = turbine rotational speed

h) *Check/Proof Calculations*

Adapun persamaan dalam menentukan *Check/Proof Calculations* adalah sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{\omega \times R \times 2\pi}{v \times 60} \dots\dots\dots (2.10)$$

i) *Solidity*

Adapun persamaan dalam menentukan *Solidity* adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{N_b \times C}{D} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana

N_b = Number of turbine blade

C = the chord length of the blade

D=diameters

III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Perancangan *Wind Turbine*

Dengan mengacu pada landasan teori, maka didapat perhitungan untuk menentukan dimensi dari perancangan *wind turbine*.



Gambar 3.2 Konstruksi turbin angin horizontal axis

Tabel 3.1. Parameter *Wind Turbine*

| No | Parameter | Nilai |
|----|-------------------|-------|
| 1 | Aspect Ratio (AR) | 8 |
| 2 | Span | 35 cm |
| 3 | Velocity | 3 m/s |
| 4 | Cp | 2 |

• Kalkulasi Performansi

a. Menentukan nilai *chort* :

$$Chort = 35/8 = 4,375 \text{ cm}$$

b. Menentukan nilai Jari-Jari :

$$R = 35/2 = 17,5 \text{ cm}$$

c. Menentukan luasan sapuan blade :

$$A_{swept} = 3,14 \times 70 \times 35 = 7693 \text{ cm}^2 = 0,7693 \text{ m}^2$$

d. Menentukan daya minimal available on wind turbine

$$P_w = 0,625 \times 0,7693 \times 3^3 = 12,981$$

• Efisiensi *Wind Turbine*

$$\eta_{wt} = 0,055 \times 1,6 + 0,399 = 0,487 = 48,7 \%$$

• *Turbine Rotational Speed*

$$\omega = \frac{1,6 \times 3}{0,35} \times \frac{60}{2 \times 3,14} = 13,714 \times 9,55 = 131 \text{ rpm}$$

• *Torque Produced*

$$T = \frac{12,981}{131} = 0,099 \text{ N.m}$$

• *Check/Proof Calculations*

$$\lambda = \frac{131 \times 0,35 \times 2 \times 3,14}{3 \times 60} = 1,599 \cong 1,6$$

• *Solidity*

Untuk 3 kincir angin

$$S = \frac{3 \times 0,04375}{0,7} = 0,1875$$

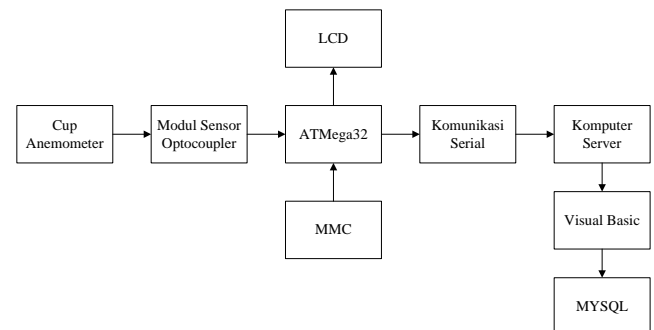
3.2 Perancangan *Hardware*

Perancangan *hardware* terdiri dari perancangan sistem elektrik dan perancangan sistem *monitoring*. Dalam perancangan sistem elektrik terdapat beberapa tahap, yaitu pemilihan jenis modul *sensor optocoupler*

sebagai sensor kecepatan, kemudian masuk ke pemrograman mikrokontroler ATmega32 untuk pembacaan keluaran dari sensor. Pada perancangan sistem *monitoring* kecepatan angin terdapat diagram blok pengukuran. Berikut merupakan diagram blok sistem *monitoring* kecepatan angin.

Diagram blok tersebut menjelaskan mengenai alur dari sistem *monitoring* kecepatan angin yang menggunakan modul *sensor optocoupler* sebagai sensor kecepatan angin. Mulai dari input oleh angin yang mendorong *cup anemometer*, modul sensor *optocoupler* (*sensing element*), ATmega32 (*signal conditioning element and signal processing element*), dan pada *data presentation element* digunakan LCD dan *Visual Studio 2013*, serta penyimpanan data menggunakan *MYSQL* dan *MMC*.

selanjutnya akan ditampilkan data pada LCD (*Liquid Crystal Display*) serta *interfacing* pada *Visual Studio 2013* dan *database MYSQL*, serta data logger *MMC*.



Gambar 3.3 Diagram Blok Konstruksi Sensor Kecepatan Angin

a. Perancangan dan Pembuatan Alat (*Hardware*)

Alat ukur kecepatan angin menggunakan modul *sensor optocoupler*, dengan menggunakan ic LM393 sebagai komparator. Pengukuran kecepatan angin dilakukan oleh modul *sensor optocoupler* dengan mendeteksi sinyal gelap terang yang dihasilkan dari putaran *disk rotary encoder*, yang ditempatkan pada poros dari anemometer tipe *cup*. Keluaran dari sensor tersebut adalah berupa sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*). Sinyal PWM tersebut selanjutnya akan di proses oleh mikrokontroler ATmega32 pada *PIND.2* dengan memprogram eksternal *interrupt* dan *timer interrupt*. Eksternal *interrupt* pada ATmega32 difungsikan sebagai interupsi sistem untuk membaca output-an sensor yakni 0 dan 1. Pada *timer interrupt* difungsikan sebagai interupsi sistem untuk membaca output-an sensor yakni 0 dan 1, yang kemudian dicacah dan dimasukkan pada rumus kecepatan angin. Berikut ini merupakan rumus untuk mendapatkan timer 1 detik dalam pembacaan frekuensi sensor:

$$T_{\text{timer1}} = 0,00000025 \times (65536 - \text{TCNT1}) \times 1024$$

$$1 = 0,00000025 \times (67108864 - 1024 \times \text{TCNT1})$$

$$\text{TCNT1} = 61629,75 \rightarrow \text{F0BD}$$

Dari perhitungan tersebut maka akan didapatkan pencacahan frekuensi selama 1 detik. Hasil dari pembacaan sensor tersebut



Gambar 3.4 Rangkaian Modul *Sensor Optocoupler*



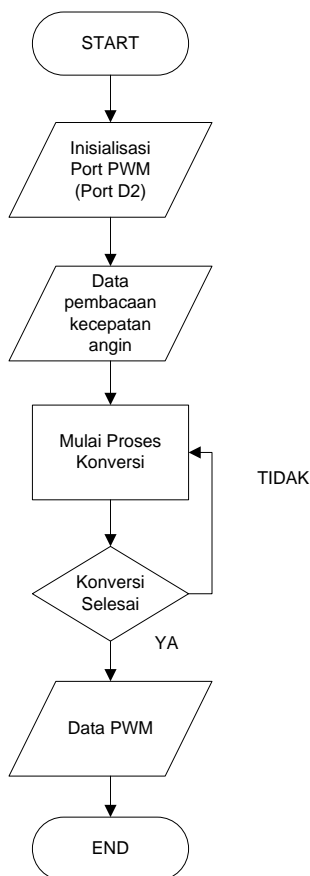
Gambar 3.5 Konstruksi *sensor optocoupler* dengan *disk rotary encoder*

Setelah *sensing element* dan *signal conditioning*, tahap selanjutnya adalah masuk ke *signal processing*. *Signal processing* dilakukan oleh mikrokontroler ATmega32. *Signal processing* bekerja dengan koding program AVR dengan menggunakan Eksternal *Interrupt* dan *Timer Interrupt*. Eksternal *interrupt* digunakan untuk mencacah pulsa 0 dan 1 pada pembacaan sensor terhadap putaran *disk rotary encoder*, sedangkan *Timer Interrupt* digunakan untuk penghitung kecepatan angin. Perhitungan dilakukan dengan cara perkalian antara pulsa yang disensing oleh modul *sensor optocoupler* dengan waktu per menit (60 detik) serta jumlah lubang *disk rotary encoder* (22

lubang), dari data ini didapat nilai RPM. Dari nilai RPM ini selanjutnya akan dikonversikan menjadi kecepatan angin, dikalikan dengan keliling baling baling per menit (60 detik) dan dikali 10 sebagai penyesuaian dengan alat ukur standar. Hasil data dari pemrosesan sinyal akan ditampilkan oleh LCD (*Liquid Crystal Display*) seperti pada gambar dibawah ini.

b. Perancangan dan Pembuatan Software

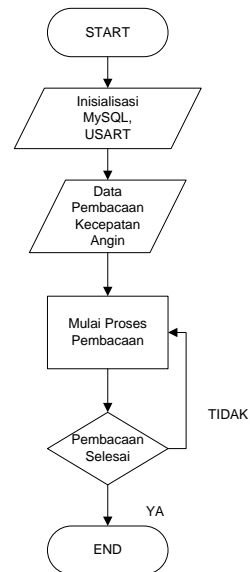
Perancangan *software* pada tahap ini merupakan siklus gabungan untuk rangkaian pemrosesan sinyal. Rangkaian pemrosesan sinyal pada alat ini menggunakan mikrokontroler ATmega32. Untuk membuat program pada mikrokontroler ATmega32, dibutuhkan *software* CVAVR. Pada program ini, akan diberikan koding untuk mengolah sinyal masukan. Sinyal masukan dari *sensing element*, sudah merupakan sinyal PWM. Jadi, pada *programming* CVAVR digunakan fitur eksternal *interrupt* dan *timer interrupt* yang menggunakan PIND2.



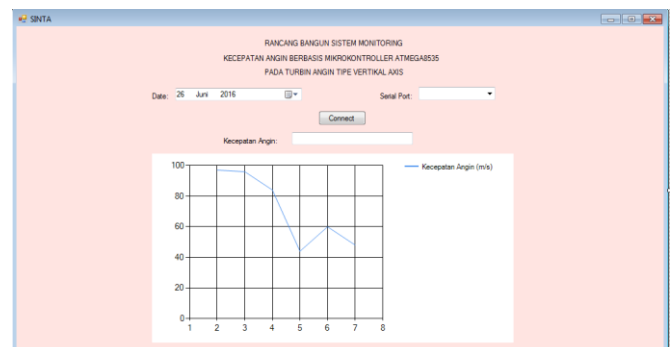
Gambar 3.7 Flowchart Perancangan Sensor

3.3 Pembuatan Desain HMI (*Human Machine Interface*) di PC dengan *Software Visual Studio 2013* serta media penyimpanan data

Setelah dilakukan proses integrasi *software* dan *hardware*, maka dilakukan pembuatan HMI pada PC (*Personal Computer*) serta penyimpanan data secara *real time*. Pembuatan tampilan ini menggunakan *software visual studio 2013*. Data yang akan ditampilkan secara *real time* adalah data pengukuran kecepatan angin. Desain yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.12 Flowchart Perancangan Software Visual Studio



Gambar 3.13 Tampilan Awal Software monitoring dengan Visual Studio

IV. ANALISIS DATA

Pada Tugas Akhir ini yaitu tentang Rancang Bangun Sistem Monitoring Kecepatan Angin Berbasis Mikrokontroler ATmega32 pada Turbin Angin Tipe Horizontal Axis. Pengukuran kecepatan angin dilakukan dengan menggunakan modul sensor

optocoupler. Hasil pengukuran ditampilkan pada LCD 2 x 16 dan dilakukan *interfacing* dengan menggunakan *software visual basic* yang telah terhubung dengan *database MySQL* dan *data logger* dengan MMC.

Prinsip kerja dari alat ukur kecepatan angin adalah *sensing element* yang dilakukan oleh modul sensor optocoupler. *Output* dari modul sensor optocoupler adalah pencacahan *disk rotary*, pencacahan tersebut menghasilkan pulsa 0 dan 1 yakni sinyal PWM. Kemudian sinyal PWM diolah dengan mikrokontroler ATmega32. *Output* dari ATmega32 sudah berupa data visual yang dapat dilihat melalui LCD. Dari tabel 4.3 dapat diketahui bahwa ketidakpastian diperluas (U_{exp}) = 1,164461758. Hasil akhir dari pengukuran kecepatan angin ini, semisal didapat nilai kecepatan angin 6,594 m/s, maka ditulis $(6,594 \pm 1,164461758)$ m/s. Ketidakpastian diperluas tersebut didapatkan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95%. Akurasi dari alat ukur kecepatan angin ini adalah 79,934% dengan kesalahan 20,066%. *Range* pengukuran yang dapat dilakukan 8-12 Volt/ 3,2 – 5,06 m/s pada standar anemometer dan bantuan *heatsink DC*.

Setelah dilakukan pengujian terhadap alat ukur kecepatan angin, maka alat ukur tersebut digunakan untuk mengukur kecepatan angin di ruangan terbuka. Pengujian tersebut dilakukan dengan mengukur nilai tegangan keluaran dari mikrokontroler pada minimum system ATmega32 dan sensor, yang didapat data berupa penurunan tegangan, hal ini terjadi karena pengaruh dari kabel dan rugi-rugi tegangan sumber. Kegiatan pengukuran tersebut dapat dimonitoring, dengan menggunakan Visual Studio 2013 sebagai *display*, MySQL sebagai penyimpanan data monitoring, dan *data logger* dengan MMC. Besarnya kecepatan angin dapat dilihat secara *real time*. Monitoring kecepatan angin dilakukan di pesisir Pantai Kenjeran Surabaya. Berdasarkan data yang tersimpan di dalam *database* hasil monitoring menunjukkan bahwa kecepatan angin yang terjadi tanggal 19 Juli 2016 pukul 22:09:23 – 22:19:53 memiliki

rata-rata kecepatan 2,554 m/s, dan 25 Juli 2016 pukul 18:36:47 – 18:39:53 memiliki rata-rata kecepatan 8,409 m/s.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pada Tugas Akhir Rancang Bangun Sistem Monitoring Kecepatan Angin Berbasis Mikrokontroler Atmega32 pada Turbin Angin Tipe Horizontal Axis dapat disimpulkan, yaitu :

- Sistem monitoring kecepatan angin yang dirancang dapat diaplikasikan pada turbin angin tipe horizontal axis.
- Sistem monitoring kecepatan angin memiliki nilai ketidakpastian diperluas (U_{exp}) sebesar $\pm 1,1644$ dengan tingkat kepercayaan 95%. Akurasi alat ukur kecepatan angin adalah 79,934%
- Hasil dari monitoring kecepatan angin menyatakan bahwa area turbin angin tipe horizontal axis pada tanggal 19 Juli 2016 pukul 22:09:23 – 22:19:53 memiliki rata-rata kecepatan 2,554 m/s, dan 25 Juli 2016 pukul 18:36:47 – 18:39:53 memiliki rata-rata kecepatan 8,409 m/s.

5.2 Saran

Adapun saran pada Tugas Akhir Rancang Bangun Sistem Monitoring Kecepatan Angin Berbasis Mikrokontroler Atmega32 pada Turbin Angin Tipe Horizontal Axis ini adalah sebagai berikut :

- Penggunaan disk rotary encoder sebaiknya menggunakan lebih banyak lubang, untuk meningkatkan nilai akurasi dari pembacaan sensor.
- Pembuatan mekanik untuk pembacaan kecepatan angin dapat diperbaiki dengan mengganti bahan plastik dengan aluminium dan direkatkan secara permanen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.T.Zhuga, "Design of Alternative Energy System: A Self-Starting Vertical Axis Wind Turbine for Stand-Alone Applications (charging batteries)," Chinhoyi University of Technology, Zimbabwe, 2005.
- [2] BMKG, "Stasiun Metrologi Maritim Tanjung Perak," Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2015. [Online].

- ^[3]BPP. (2012). Kajian Pembuatan SKEA (Sistem Konversi Energi Angin) di Sumatra Utara. Sumatra Utara: Pemerintah Provinsi Sumatra Utara.
- ^[4]Bukho, I. (2012). Retrieved Maret 27, 2016, from <http://digilib.polsri.ac.id/files/disk1/105/sstpolsri-gdl-ilhambukho-5217-3-babii.pdf>
- ^[5]Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, "Renstra," Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Jakarta, 2015.
- ^[6]Octovhiana, K. D. (2013). Pendahuluan. *Cepat Mahir Visual Basic 6.0*, 1.
- ^[7]PT PLN (Persero), "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik," PT PLN (Persero), Jakarta, 2013.
- ^[8]Saputro, H. (2012). Retrieved Maret 28, 2016, from www.akmi-batureja.ac.id
- ^[9]Sargolzaei, J. 2007. *Prediction of The Power Ratio in Wind Turbine Savonius Rotors Using Artificial Neural Networks*. Zahedan: Baluchestan University.
- ^[10]Setiono, D. (2011). Retrieved Maret 27, 2016, from [repository.usu.ac.id>bitstream](http://repository.usu.ac.id/bitstream)
- ^[11]UNY. (2011). Dasar Teori. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- ^[12]WHyPGen, "WHyPGen Wind Hybrid Power Generation Project," WHyPGen Wind Hybrid Power Generation Project, 25 June 2013. [Online]. Available: <http://whypgen-bppt.com/id/teknologi-whypgen/item/758-jenis-jenis-teknologi-energi-angin.html>. [Accessed 5 December 2015].