

PENGUKURAN TEKANAN UDARA MENGGUNAKAN *DT-SENSE* BAROMETRIC PRESURE BERBASIS SENSOR HP03

Yulkifli, Asrizal, Ruci Ardi

*Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Barat Padang, 25171
Email:yulkifliamir@gmail.com*

ABSTRACT

This research has successfully designed an instrument to measure air pressure, namely, *DT-Sense Barometric Pressure and Temperature (DT-SBPT)*. *DT-SBPT* is a smart sensor module on the basis of HP03 sensor. Data were collected using direct and indirect measurement. Direct measurement was done toward air pressure. Indirect measurement, however, was applied to determine the exact and accuracy of the measurement of air pressure. Data were analyzed by using two ways, namely statistic and graphic ways. The result of the research shows that *DT-SBPT* has high appropriateness and accuracy, which is 0.99. The air pressure around earth surface decrease linearly when the height increase.

Keywords: air pressure, smart sensor module

PENDAHULUAN

Tekanan udara adalah tenaga yang bekerja untuk menggerakkan massa udara setiap luas-an tertentu (Syahkelilaw, 2011). Udara yang mengembang menghasilkan tekanan udara yang lebih rendah. Sebaliknya udara yang berat menghasilkan tekanan yang lebih tinggi. Tekanan udara bisa juga disebut dengan tekanan atmosfer bumi. Tekanan atmosfer bumi, sebagaimana fluida, berubah terhadap ketinggian dan cuaca.

Nilai tekanan udara adalah bagian dari karakteristik udara yang dapat digunakan untuk meramalkan cuaca suatu daerah. Jika nilai tekanan udara suatu daerah jauh dari tekanan normal, maka dapat diramalkan di daerah tersebut akan terjadi badai. Selain untuk menentukan keadaan cuaca, pengukuran tekanan udara juga diperlukan dalam bidang pertanian, peternakan, dan dalam penerbangan. Jadi pengukuran tekanan dan temperatur udara memberikan banyak manfaat dalam kehidupan manusia.

Mengingat banyaknya manfaat yang diperoleh dari pengukuran tekanan udara maka diperlukan suatu alat atau instrumen yang dapat

mengukur parameter tersebut. Instrumen merupakan alat bantu yang digunakan manusia untuk bisa melakukan tugas yang melampaui batasan alamiah manusia.

Beberapa stasiun BMKG menggunakan barometer digital dalam mengukur tekanan udara. Nilai tekanan udara dari pembacaan barometer digital dalam satuan hectopascal (hPa). Pada penggunaan Barometer digital ini operator akan mengalami kesulitan dalam memperbaikinya jika terjadi kerusakan. Hal ini disebabkan karena tidak diketahui rangkaian dasar pembangun sistemnya. Selain tidak diketahui rangkaian dasar pembangun sistemnya, barometer digital ini memiliki harga yang terlalu mahal. Sebagai contoh harga *PTB330 Digital Barometer* mencapai 35 juta.

Salah satu cara mengatasi kelemahan tersebut adalah dengan merancang suatu instrumen pengukuran tekanan udara secara digital. Selain mudah dibaca, sistem ini juga memiliki ketelitian yang tinggi, jelas rangkaian dasar pembangun sistemnya, dan harga yang relatif murah.

Salah satu alternatif untuk membuat instrumen pengukuran karakteristik udara ini

memanfaatkan modul sensor *DT-sense Barometric Pressure and Temperature*. Modul sensor ini merupakan modul sensor cerdas berbasis sensor HP03 sebagai pengindera tekanan udara. Keluaran modul sensor *DT-Sense Barometric Pressure and Temperature* berupa data digital yang sudah terkalibrasi tanpa terlalu banyak perhitungan tambahan, yang memudahkan dalam membuat aplikasi-aplikasi yang menggunakan data tekanan udara.

Alat untuk mengukur tekanan udara disebut barometer (Benyamin, 1997). Terdapat beberapa macam barometer diantaranya adalah barometer raksa, barometer air, dan barometer aneroid. Satuan tekanan udara, selain dengan atm atau mmHg, juga dapat dan sering pula dinyatakan dalam satuan psi, bar, dan Pa.

Tekanan udara, selain dapat digunakan untuk membuat perkiraan cuaca, juga dapat digunakan untuk mengetahui tinggi suatu tempat. Ketinggian tempat mempengaruhi besarnya tekanan udara pada tempat tersebut. Semakin rendah posisi suatu tempat dari permukaan laut, semakin besar tekanan udaranya. Pada kondisi ini didapatkan bahwa rapat massa gas berubah dengan ketinggian. Gambaran perubahan tekanan P dengan ketinggian di dalam atmosfer bumi jika dianggap rapat massa berbanding lurus dengan tekanan. Menggunakan asumsi ini dapat ditentukan tekanan P pada ketinggian h diatas permukaan laut, yaitu:

$$\frac{dP}{dh} = -\rho g \quad (1)$$

karena rapat massa udara sebanding dengan tekanan maka dapat diperoleh hubungan

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{P}{P_0} \quad (2)$$

Pada persamaan 2 ρ_0 dan P_0 adalah harga-harga yang diketahui besarnya, yaitu pada permukaan laut, maka perubahan tekanan udara dengan ketinggian dapat dituliskan dalam bentuk

$$\frac{dP}{dh} = -g\rho_0 \frac{P}{P_0} \quad (3)$$

Dengan mengambil integral pada persamaan 3 dari harga tekanan $P=P_0$ untuk ketinggian $h=0$ di permukaan laut, maka harga tekanan udara pada titik ketinggian h diperoleh dalam bentuk:

$$\ln \frac{P}{P_0} = -g \frac{\rho_0}{P_0} h \quad (4)$$

$$P = P_0 e^{-g \frac{\rho_0}{P_0} h} \quad (5)$$

Jika dimasukkan harga $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, $\rho_0 = 1,2 \text{ kg/m}^3$, dan $P_0 = 1,01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, maka $g \frac{\rho_0}{P_0} =$

$0,116 \text{ km}^{-1}$. Berdasarkan nilai-nilai ini didapatkan tekanan udara pada ketinggian h adalah :

$$P = P_0 e^{-0,116h} \quad (6)$$

dengan h dinyatakan dalam km.

Persamaan 6 memiliki sifat analitik dan kontinu sehingga dapat diekspansi dengan deret Taylor. Jika dimisalkan $x = -0,116 h$, maka ekspansi deret Taylor menghasilkan

$$P = P_0 e^x \quad (7)$$

$$P = P_0 \left(1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} + \dots \right) \quad (8)$$

$$P = P_0 \left[1 - 0,116h + \frac{0,116^2 h^2}{2} - \frac{0,116^3 h^3}{6} + \frac{0,116^4 h^4}{24} - \dots \right] \quad (9)$$

Dengan mengambil dua suku pertama dari persamaan (9) diperoleh persamaan untuk tekanan yaitu:

$$P = P_0 (1 - 0,116 h) = P_0 - 0,116 P_0 h \quad (10)$$

Dari persamaan (10) dapat dijelaskan bahwa pada ketinggian sekitar h dekat permukaan bumi tekanan udara berkurang secara linier dengan kenaikan ketinggian dari tempat. Persamaan ini dapat diterima dengan tiga asumsi yaitu perubahan temperatur udara terhadap ketinggian tempat diabaikan, percepatan gravitasi bumi dianggap tetap dan komposisi gas di atmosfer dianggap berubah oleh perubahan ketinggian.

DT-Sense Barometric Pressure and Temperature (DT-SBPT)

Sensor adalah sebuah perangkat yang menerima stimulus dan merespon dengan suatu sinyal listrik. Stimulus yaitu sebuah nilai properti atau kondisi yang di rasakan dan di ubah ke dalam sinyal listrik. Melalui sebuah sensor dapat dirancang berbagai sistem yang dapat bekerja secara otomatis dan mampu menganalisa fenomena-fenomena yang terjadi di alam (Yulkifli, 2011).

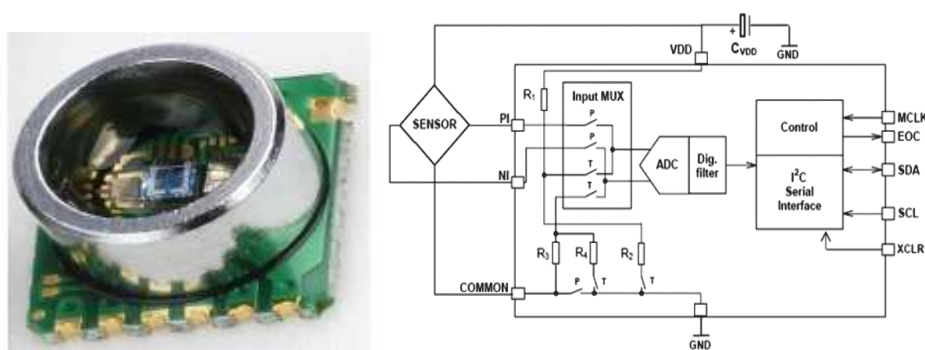
Secara umum sensor-sensor tekanan mempunyai prinsip kerja yang sama, yaitu pendektasian suatu gaya yang menekan pada suatu bidang. Untuk menghitung besarnya gaya yang terjadi kita dapat menghitung perubahan defleksi membran karena gaya yang menekannya dengan menggunakan transduser pengukur jarak, diantaranya dengan menggunakan transduser kapasitif dan induktif (Yulkifli, 2006).

DT-SBPT) merupakan sebuah modul sensor cerdas berbasis sensor HP03 yang dapat digunakan untuk mendeteksi besarnya tekanan dan temperatur udara di sekitar sensor (Tim IE, 2010). Keluaran *DT-Sense Barometric Pressure and Temperature* berupa data digital yang sudah terkalibrasi penuh sehingga dapat dipakai langsung tanpa terlalu banyak perhitungan tambahan. Modul sensor ini dilengkapi dengan antarmuka UART TTL. Spesifikasi modul tekanan sebagai berikut (1) Catu daya sebesar 4,8-5,5 Volt; (2) *Range* sensor tekanan udara antara 300-1100hpa (*ss*) hPa = 1milibar; (3) Akurasi sensor tekanan udara $\pm 1,5$ hPa; (4) Resolusi sensor tekanan 0,1 hPa; (5) *Range* sensor *temperature* -20-60 °C; (6) Akurasi sensor *temperature* $\pm 0,8$ °C; (7) Resolusi sensor *temperaure* 0,1 °C; (8) *Pi input/output compatible* dengan tegangan TTL dan CMOS

Sensor HP03SA merupakan sensor tekanan resistif dan interface ADC yang memberikan data 16 bit untuk data tekanan dan temperatur yang terkait dengan bantuan kalibrasi yang akurat dari sensor, sehingga tekanan akurat dan pembacaan temperatur dapat direalisasikan. Hal ini sesuai dengan yang di-

nyatakan Henry (2009) yaitu "*The HP03 pressure module includes a piezo-resistive pressure sensor and an ADC interface. It provides 16 bit word data for pressure and temperature related voltage*". Sensor ini dibangun oleh piezoresistor monolitik silikon yang menghasilkan tegangan keluaran jika diberikan stress padanya. Jika sensor mendapat tekanan dari luar maka elemen pembangun sensor akan mengalami perubahan resistansi, efek ini disebut dengan efek piezoresistif. Bentuk fisik dan blok diagram dari sensor HP03SA dapat diperhatikan pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 merupakan bentuk fisik dan blok diagram sensor HP03SA dimana jika sensor mendeteksi keadaan tekanan maka input PI dan NI menutup kontak tekanan dan di-konversikan oleh ADC dan data tersebut memberikan perintah atau mengirim data ke UART TTL dari modul *DT-Sense Barometric Pressure and Temperature*. Disisi lain jika sensor mendeteksi temperatur maka kontak temperatur akan menutup dan kontak tekanan akan terbuka, data dikonversikan oleh ADC dikirim ke UART TTL dari modul *DT-Sense Barometric Pressure and Temperature*.



Gambar 1 Bentuk Fisik dan Blok Diagram Sensor HP03SA (Data sheet HP03SA, 2010)

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini termasuk kedalam model penelitian rekayasa. Pembuatan alat ukur dilakukan Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang sedangkan kalibrasi dan pengukuran di-

lakukan di Stasiun BMKG Tabing Padang, Stasiun BMKG Sicincin, Stasiun BMKG Padang Panjang, dan Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang. Kegiatan ini dimulai Agustus 2011 sampai dengan Mei 2012. Termometer dan barometer digital (*PTB330 Digital Barometer*) merupakan alat

standar yang digunakan untuk mengkalibrasi alat ukur yang dibuat.

Cara kerja instrumen pengukuran karakteristik udara ini adalah akibat adanya perubahan yang nilai tekanan dan udara yang terjadi disekitar sensor HP03, maka data yang didapatkan dikonversi oleh *DT-Sense Barometric Pressure and Temperature* selanjutnya dikirim ke mikrokontroler. Mikrokontroler berfungsi untuk mengolah dari setiap perubahan dan ditampilkan pada layar LCD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketepatan Pengukuran Tekanan Udara

Untuk mengetahui ketepatan dari sistem pengukuran dilakukan dengan melakukan pengukuran tekanan udara di daerah yang berbeda ketinggiannya. Setiap variasi ketinggian daerah, tekanan udara diukur dengan barometer standar dan alat yang dibuat. Melalui perhitungan dapat ditentukan nilai rata-rata, persentase kesalahan, ketepatan relatif dan persentase ketepatan. Rata-rata persentase kesalahan sistem berkisar antara 0,09% sampai 0,11% dengan persentase kesalahan rata-rata

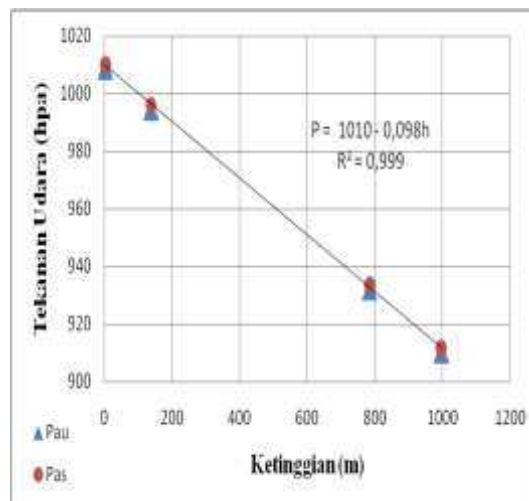
0,10%. Persentase ketepatan sistem pengukuran berkisar antara 99,89% sampai 99,90% dengan persentase ketepatan rata-rata sistem 99,89%.

Ketelitian Pengukuran Tekanan Udara

Untuk mengetahui tingkat ketelitian dari pengukuran tekanan udara ini dilakukan dengan cara melakukan pengukuran berulang sebanyak 10 kali untuk setiap variasi ketinggian. Berdasarkan pengukuran ditentukan nilai rata-rata, standar deviasi, persentase simpangan dan ketelitian. Instrumen memiliki ketelitian yang tinggi untuk pengukuran tekanan udara. Ketelitian rata-rata instrumen untuk 4 variasi ketinggian adalah 0.99 dengan standar deviasi 0.01 dan kesalahan relatif rata-rata 0.00107%.

Hubungan Tekanan Udara dengan Ketinggian Daerah

Untuk menyelidiki pengaruh ketinggian terhadap tekanan udara dilakukan dengan cara melakukan pengukuran tekanan udara untuk beberapa tempat berbeda ketinggiannya. Dari data yang diperoleh diplot grafik hubungan antara tekanan udara yang ditempatkan pada sumbu horizontal dan ketinggian daerah pada sumbu vertikal. Hasil plot data ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Hubungan Tekanan Udara dengan Ketinggian

Gambar 10 memperlihatkan bahwa titik-titik pengukuran data menunjukkan tekanan udara berkurang sebanding dengan bertambah-

nya ketinggian suatu daerah. Tekanan udara maksimum berada pada daerah yang rendah atau dekat dengan permukaan laut. Semakin

tinggi suatu daerah dari permukaan laut, tekanan udara semakin rendah begitu juga sebaliknya. Kecendrungan hasil pengukuran berbentuk garis lurus dengan kemiringan negatif. Melalui pendekatan garis lurus diperoleh persamaan tekanan udara yaitu

$$P = 1010 - 0,098h \quad (11)$$

Satuan P pada persamaan (11) adalah hPa. Angka 1010 hPa menyatakan tekanan awal apabila ketinggian 0 m. Angka 0,098 hPa/m menyatakan kemiringan garis lurus yang merupakan sensitivitas dari sensor. Angka 0,999 adalah nilai koefisien korelasi. Berarti hubungan antara tekanan dengan ketinggian termasuk kuat.

Berdasarkan analisis data yang dianalisis secara grafik dan statistik dapat digambarkan beberapa hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Hasil penelitian yang diperoleh adalah spesifikasi performansi, spesifikasi desain yang meliputi ketepatan dan ketelitian dari instrumen pengukuran karakteristik udara.

Berdasarkan analisis data dapat diketahui bahwa tekanan udara berbanding lurus terhadap ketinggian suatu daerah dari permukaan laut dengan gradien negatif seperti Gambar 10. Hal ini sesuai dengan rumus tekanan yang telah diekspansi dengan deret Taylor, semakin tinggi suatu tempat semakin rendah tekanan udaranya. Perbandingan antara persamaan (10) dengan nilai persamaan (11) didapatkan selisih nilai tekanan udara dengan $h = 0$ yaitu:

$$\begin{aligned} P &= P_0(1-0,116 h) = P_0 - 0,116 P_0 h \\ &= 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$P=1010 -0,098h=1010 \text{ hPa} =1,010 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Dari hasil kedua persamaan didapatkan nilai tekanan udara secara teori $1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$ dan nilai tekanan udara yang terukur pada instrumen yang dibuat sebesar $1,010 \times 10^5 \text{ Pa}$. Selisih dari nilai tekanan udara yang diukur dengan teori adalah sebesar $0,003 \times 10^5 \text{ Pa} = 3 \text{ hPa}$. Nilai tekanan udara pada pengukuran lebih kecil dari pada nilai tekanan udara pada teori.

Dilihat dari segi ketepatan instrumen pengukuran yang dibuat, diperoleh ketepatan yang cukup tinggi dengan persentase penyimpangan yang kecil baik. Sedangkan dari segi ketelitian, sistem ini memiliki ketelitian yang tinggi, hal ini ditandai dengan standar deviasi yang sangat kecil baik untuk tekanan udara. Berdasarkan karakteristik yang ditunjukkan ma-

ka instrumen pengukuran karakteristik udara ini layak digunakan. Instrumen ini dapat digunakan untuk mendukung kegiatan di Laboratorium Fisika, dan untuk mendukung alat di stasiun BMKG.

Di sisi lain instrumen pengukuran karakteristik udara yang dirancang masih mempunyai beberapa kelemahan dan keterbatasan. Pertama, dalam melakukan pengukuran belum menggunakan data tersimpan dan terintegrasi dengan komputer. Kedua, terjadinya pemutusan arus oleh PLN dan sistem pengukuran yang dirancang tidak memiliki sambungan otomatis dengan sumber listrik cadangan, yang menyebabkan sistem pengukuran tekanan udara ini tidak bisa dioperasikan lagi.

Untuk meningkatkan kualitas dari instrumen pengukuran karakteristik udara ini diharapkan dalam lanjutannya, dapat menggunakan metode data tersimpan atau penyimpanan dan pengolahan langsung pada komputer. Hal ini bertujuan agar penyimpanan data-data pengukuran dapat disimpan dan diolah secara langsung.

Instrumen pengukuran yang dirancang belum memiliki sumber catu daya tersendiri, sehingga disaat PLN mati sistem tidak bisa digunakan. Dalam kelanjutan dari pembuatan instrumen pengukuran karakteristik udara ini, akan lebih efektif menggunakan sumber catu daya tersendiri. Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah dengan membuat tempat sumber catu daya seperti baterai.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap besaran fisika yang terdapat pada instrumen pengukuran karakteristik udara menggunakan sensor tekanan barometrik dapat dikemukakan kesimpulan yaitu: Ketepatan dari instrumen cukup tinggi yaitu pada pengukuran tekanan udara ketepatan rata-rata 99.89% dengan kesalahan rata-rata 0,10%. Ketelitian rata-rata dari sistem pengukuran ini adalah 0.99 dengan standar deviasi rata-rata 0.01 dan kesalahan relatif rata-rata 0.00107%. Tekanan udara di sekitar permukaan bumi dengan ketinggian dibawah 996 m yang ditampilkan display akan berkurang secara linier dengan

bertambahnya ketinggian dengan nilai awal 1010 dan gradien 0,098.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Benyamin Lakitan. 1997. *Dasar-Dasar Klimatologi*. Jakarta : PT Raja Grafindo Persada.
- Data Sheet. 2010. *HP03S*. <http://www.kosmodrom.com.ua/data/HP03SA.pdf>. Diakses 12 Desember 2011.
- Henry. 2009. *Barometer Module*. <http://www.hoperf.com>. Diakses 12 Desember 2011.
- Syahkelilauw. 2011. *Makalah Tekanan Udara*. <http://syahkelilauw.blogspot.com>. Diakses 12 Desember 2011.
- Tim IE. 2010. *Manual DT - Sense Barometric and Temperature Sensor*. <http://www.innovativeelectronics.com>. Diakses 12 Desember 2011.
- Yulkifli. 2011. *Sensor Fluxgate*, STAIN Press ISBN No. 978-602-8887-13-7
- Yulkifli. 2006. Desain dan pembuatan alat ukur tekanan elektronik berbasis mikrokontroler at89c51 menggunakan sensor induktif. *Prosiding Seminar Nasional 7-9 Juli 2006 Universitas Andalas*. Padang.