

Purwarupa Mekanisme Akuisisi Data Rotary Vane Positive Displacement Flowmeter dengan Kompensasi Suhu

Ahmad Fajrul Falah*¹, Triyogatama Wahyu Widodo²

¹Program Studi S1 Elektronika Instrumentasi, FMIPA, UGM, Yogyakarta

²Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: *¹ahmadfajrul@live.com, ²yogatama@ugm.ac.id

Abstrak

Rotary vane positive displacement (PD) flowmeter termasuk dalam kategori flowmeter yang bekerja menggunakan prinsip operasi volumetric flow. Perubahan suhu pada fluida akan mengakibatkan perubahan pada volume fluida baik berupa penyusutan maupun pemuaian. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan purwarupa mekanisme akuisisi data rotary vane PD flowmeter dengan turut menyertakan suhu sebagai variabel kompensasi pengukuran.

Aliran fluida disimulasikan menggunakan motor DC yang memutar model chamber, sedangkan perubahan suhu lingkungan disimulasikan menggunakan elemen pemanas. Nilai suhu standar yang digunakan sebagai acuan adalah 15°C. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi nilai pengaturan koefisien muai 0,0007/°C dan 0,001/°C, kecepatan aliran 335 L/min, 506 L/min, dan 556 L/min, serta nilai pengaturan suhu 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, dan 50°C.

Hasil percobaan didapatkan nilai kompensasi volume tertinggi adalah 65,854 liter sedangkan yang terendah adalah 10,530 liter. Pada nilai volume dan suhu yang sama, semakin tinggi nilai koefisien muai suatu fluida maka semakin tinggi pula nilai kompensasi yang diberikan demikian juga sebaliknya.

Kata kunci— Rotary Vane PD Flowmeter, Kompensasi Suhu, Koefisien Muai

Abstract

Rotary vane positive displacement (PD) flowmeter is included in the category of flowmeter that works using the principle of volumetric flow operation. Changes in fluid temperature will result in changes in the volume of fluid in the form of shrinkage or expansion. This research aims to design and implement a prototype of rotary vane PD flowmeter data acquisition mechanism with also include measurement of temperature as a variable compensation.

Fluid flow is simulated using DC motors that rotate the chamber model, although changes in environmental temperature are simulated using a heating element. Temperature value is used as the reference standard is 15°C. Testing is done by providing a variety of setting value of expansion coefficient at 0,0007/°C and 0,001/°C, flow rate at 335 L/min, 506 L/min, dan 556 L/min, and also temperature setting value at 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, and 50°C.

The results is the highest volume compensation value is 65,854 liters, while the lowest value is 10,530 liters. Meanwhile value of volume and temperature, the higher the coefficient of expansion of a fluid, the higher the value of the compensation given conversely.

Keywords— Rotary Vane PD Flowmeter, Temperature Compensation, Coefficient of Expansion

1. PENDAHULUAN

Positive Displacement flowmeter termasuk dalam kategori flowmeter yang bekerja menggunakan prinsip operasi volumetric flow. Instrumen ini mengukur volume dengan membagi suatu fluida ke dalam chamber yang tetap dengan volume yang telah diketahui. Cara kerja instrumen ini dapat dianalogikan seperti ketika mengisi air dari keran menggunakan ember sampai penuh lalu cepat-cepat menggantinya dengan ember yang lain dan volume air dapat diketahui dengan menjumlahkan volume air pada ember-ember tersebut.

Suhu merupakan salah satu variabel yang mempengaruhi proses pengukuran volume fluida. Sebagai contoh, bensin dengan suhu mula-mula 15°C akan berubah volumenya jika kemudian disimpan pada suhu 30°C karena pengaruh perubahan suhu tersebut mengakibatkan pemuaian volume pada bensin dan sebaliknya. Guna mengantisipasi perselisihan yang diakibatkan oleh hal tersebut maka dalam setiap transaksi selalu disertakan spesifikasi fluida termasuk di antaranya adalah suhu ketika dilakukan transaksi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang komprehensif mengenai langkah-langkah mekanisme akuisisi dan kalkulasi data dari rotary vane PD flowmeter dengan menyertakan kompensasi dari variable suhu.

Batasan-batasan masalah pada penelitian ini meliputi suhu standar, spesifikasi model acuan, simulasi aliran, dan sistem pengendalian elemen pemanas sebagai variasi suhu lingkungan. Suhu standar yang digunakan adalah 15°C [1]. Spesifikasi rotary vane PD flowmeter yang dijadikan acuan model adalah Smith Meter Rotary Vane PD Meter 2” dari FMC Technologies. Spesifikasi instrumen yang diperlukan dalam penelitian ini utamanya adalah kecepatan aliran maksimum dan banyaknya fluida yang terukur setiap 1 (satu) putaran penuh dari instrumen tersebut [2]. Nilai koefisien muai yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0.0007/°C (oil) dan 0.001/°C (gasoline) [3].

Penelitian ini difokuskan pada bagian mekanisme akuisisi data purwarupa instrumen hingga program tampilan antar muka. Aliran fluida disimulasikan menggunakan motor DC yang menggerakkan shaft pada purwarupa rotary vane PD flowmeter. Variabel kompensasi kalkulasi data untuk purwarupa instrumen ini dirancang berdasarkan hasil pengukuran suhu. Suhu fluida yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan dalam penelitian ini divariasikan dengan menggunakan elemen pemanas yang dikendalikan. Pengendalian pemanas sebagai simulasi perubahan suhu lingkungan menggunakan kontrol on-off sederhana.

Febrianto [4] telah melaksanakan penelitian mengenai rancang bangun alat uji kelayakan pelumas kendaraan bermotor berbasis mikrokontroler. Rancang bangun alat ini menggunakan motor DC dengan rotary encoder, mikrokontroler ATMega16 dan LCD sebagai tampilannya. Pengambilan data menggunakan oli baru dan oli bekas dengan kode kekentalan SAE 20W-50. Hasil pengukuran dari oli tersebut adalah oli baru viskositasnya lebih tinggi dibandingkan dengan oli bekas. Semakin encer sebuah oli maka hambatan yang terjadi pada putaran motor DC semakin berkurang.

Yudistira [5] telah melakukan penelitian mengenai pengembangan otomasi sistem penghitung volume kayu balok studi kasus pabrik kayu. Untuk mengetahui nilai luas penampang balok kayu digunakan sebuah kamera webcam dengan cara menghitung hasil pixel yang tertangkap pada kamera. Selanjutnya untuk mengetahui panjang kayu digunakan sebuah rotary encoder dengan cara mencari jarak tempuh kayu ketika melewati rotary encoder sehingga diperoleh nilai panjangnya. Data luas penampang dan panjang kayu diolah di komputer sehingga diperoleh nilai volume dari balok kayu yang diukur.

Kristiyanto [6] telah melaksanakan penelitian mengenai sistem telemetri tinggi muka air sungai menggunakan modem GSM berbasis mikrokontroler AVR ATMega 32. Kristiyanto menggunakan enkoder optis untuk merepresentasikan ketinggian air yang terukur. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa enkoder inkremental mampu melakukan fungsinya sebagai sensor putaran yang merupakan representasi dari ketinggian air sungai yang diukur.

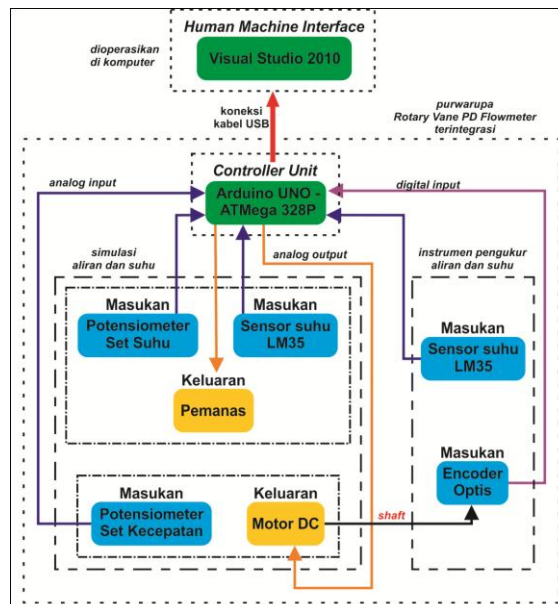
Khuriati, dkk [7] melakukan penelitian mengenai pengendalian suhu berbasis pengendali hidup-mati, P, PI, dan PID. Dari hasil penelitian pengendali hidup-mati diperoleh waktu tunda yakni waktu yang diperlukan oleh setpoint apabila peubah terukur yang pertama

mencaapai harga 10% dari harga awalnya sebesar 36 detik. Selain itu, dari hasil penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa Pengendali PID merupakan pengendali suhu terbaik dibanding dengan ketiga jenis pengendali lainnya, dengan waktu tanggapan yang lebih cepat, lewatan maksimum yang lebih kecil, dan amplitudo osilasi yang cukup kecil.

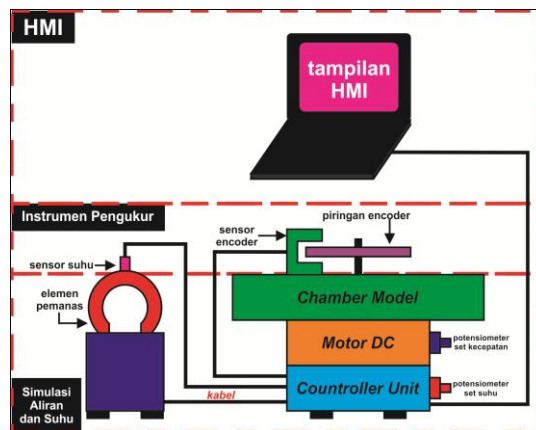
2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisis dan Perancangan Sistem

Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa sistem terdiri dari dua bagian utama yakni bagian *Human Machine Interface* (HMI) dan purwarupa *rotary vane PD flowmeter* yang terintegrasi dengan *controller unit*. HMI berfungsi sebagai penampung dan pengolah data yang dikirim oleh *controller unit*. Data yang telah diolah kemudian disajikan dalam bentuk grafik, tabel maupun angka yang mudah dimengerti oleh *user*. Sedangkan pada bagian purwarupa *rotary vane PD flowmeter* secara garis besar terdiri dari dua bagian utama yakni bagian simulasi aliran dan suhu serta bagian instrumen pengukur aliran dan suhu.



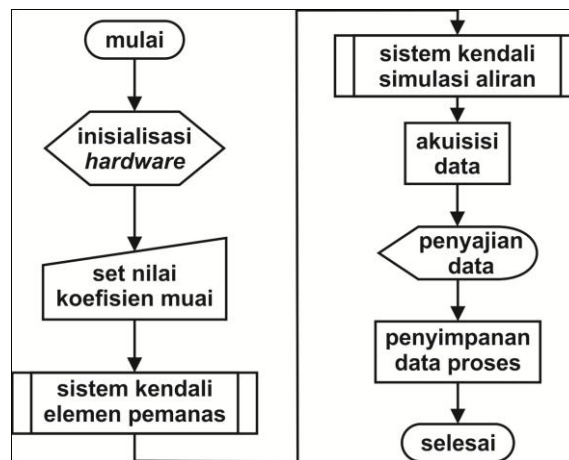
Gambar 1 Diagram blok sistem secara keseluruhan



Gambar 2 Rancangan mekanik sistem

Mekanik sistem dirancang menyerupai cara kerja *rotary vane PD flowmeter* yang sesungguhnya. Dalam purwarupa sistem ini digunakan model *chamber* yang dalam satu putaran dapat menghasilkan 4 (empat) kali pengukuran penuh sama seperti pada instrumen yang sebenarnya. Aliran fluida dalam sistem ini disimulasikan menggunakan putaran motor DC yang dirancang satu *shaft* dengan model *chamber* dan piringan *encoder*. Pada sistem ini juga terdapat elemen pemanas yang berfungsi untuk memberikan variasi suhu yang dianalogikan sebagai perubahan suhu yang diakibatkan oleh lingkungan. Gambar 2 menunjukkan rancangan mekanik sistem secara keseluruhan.

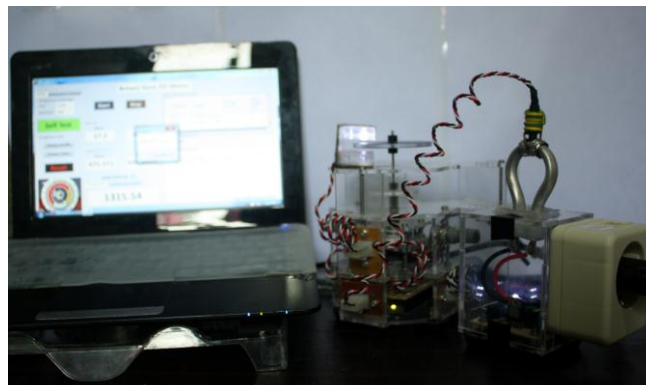
Rancangan perangkat lunak sistem ini terdiri dari 2 (dua) bagian utama yakni rancangan program yang ditanamkan pada *unit controller* agar dapat menjalankan fungsi pengendalian dengan baik dan rancangan program antar muka untuk mengolah dan menyajikan data sehingga *user* dapat lebih mudah dalam memahami informasi yang ditampilkan. Gambar 3 menunjukkan diagram alir cara kerja sistem secara keseluruhan.



Gambar 3 Diagram alir cara kerja sistem secara keseluruhan

2.2 Implementasi Sistem

Pengambilan data dari simulasi aliran menggunakan instrumen *encoder* dan sensor suhu untuk data dari simulasi perubahan suhu lingkungan. Data dari sensor diolah menggunakan Arduino UNO dan dikirimkan ke komputer untuk ditampilkan dengan program antar muka menggunakan Visual Basic. Selain berfungsi untuk menyajikan data, program antar muka ini juga digunakan untuk memasukkan nilai koefisien muai yang akan digunakan sebagai parameter penghitungan kompensasi volume. Gambar 4 menampilkan implementasi keseluruhan sistem yang berupa perangkat keras dan perangkat lunak (program antar muka).



Gambar 4 Implementasi keseluruhan sistem

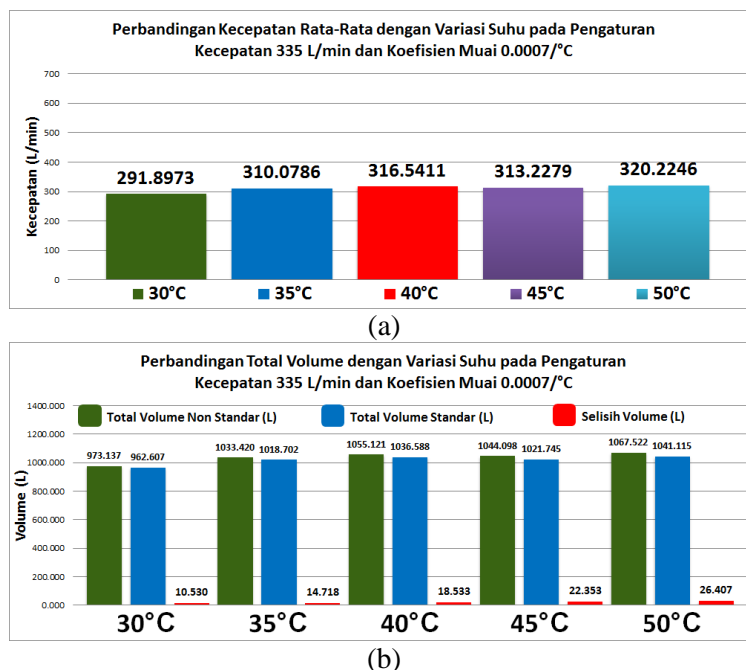
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem purwarupa meliputi pengujian keseluruhan sistem dengan variasi nilai koefisien muai, kecepatan aliran, dan suhu. Variasi nilai koefisien muai pada pengujian sistem ini adalah $0.0007/^{\circ}\text{C}$ (*oil*) dan $0.001/^{\circ}\text{C}$ (*gasoline*). Kecepatan aliran divariasikan dengan nilai 335 L/min, 506 L/min, dan 556 L/min. Selain itu, nilai suhu juga dilakukan variasi nilai yakni 30°C , 35°C , 40°C , 45°C , dan 50°C .

3.1 Percobaan dengan Nilai Koefisien Muai $0.0007/^{\circ}\text{C}$

Gambar 5 (a) menunjukkan grafik perbandingan kecepatan rata-rata dengan variasi suhu pada pengaturan kecepatan 335 L/min dan koefisien muai $0.0007/^{\circ}\text{C}$. Nilai kecepatan rata-rata tertinggi ditunjukkan pada variasi suhu 50°C yakni sebesar 320,2246 L/min. Sedangkan nilai kecepatan rata-rata terendah ditunjukkan pada variasi suhu 30°C yakni sebesar 291,8973 L/min. Adanya perbedaan nilai pada setiap variasi suhu ini disebabkan oleh kecepatan yang dihasilkan oleh motor DC dan diteruskan oleh piringan *encoder* optis tidak bisa sepenuhnya stabil walau nilai PWM yang diberikan konstan.

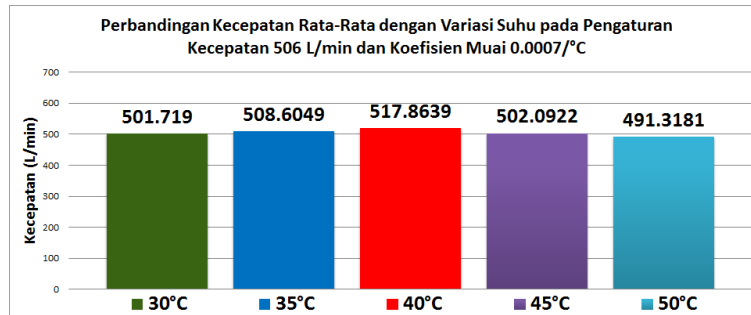
Gambar 5 (b) menunjukkan grafik perbandingan total volume dengan variasi suhu pada pengaturan kecepatan 335 L/min dan koefisien muai $0.0007/^{\circ}\text{C}$. Nilai total volume tertinggi sebelum dilakukan proses kompensasi (total volume non standar) tertinggi terdapat pada variasi suhu 50°C yakni sebesar 1067,522 liter dan terendah pada variasi suhu 30°C yakni sebesar 973,137 liter. Hal ini sama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 (a) yakni nilai tertinggi terdapat pada variasi suhu 50°C dan terendah pada variasi suhu 30°C .



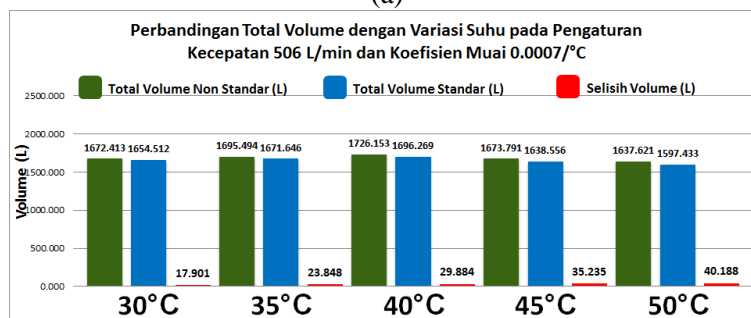
Gambar 5 Grafik hasil pengujian sistem dengan pengaturan kecepatan 335 L/min dan koefisien muai $0.0007/^{\circ}\text{C}$

Dengan total volume yang cenderung sama pada setiap variasi suhu, selisih total volume non standar dengan total volume standar pada setiap variasi suhu cenderung meningkat. Selisih volume pada variasi suhu 30°C sebesar 10,530 liter, pada variasi suhu 35°C sebesar 14,718 liter, pada variasi suhu 40°C sebesar 18,533 liter, pada variasi suhu 45°C sebesar 22,353 liter, dan pada variasi suhu 50°C sebesar 26,407 liter.

Gambar 6 (a) menunjukkan grafik perbandingan kecepatan rata-rata dengan variasi suhu pada pengaturan kecepatan 506 L/min dan koefisien muai $0,0007/^{\circ}\text{C}$. Nilai kecepatan rata-rata tertinggi ditunjukkan pada variasi suhu 40°C yakni sebesar 517,8639 L/min. Sedangkan nilai kecepatan rata-rata terendah ditunjukkan pada variasi suhu 50°C yakni sebesar 491,3181 L/min.



(a)



(b)

Gambar 6 Grafik hasil pengujian sistem dengan pengaturan kecepatan 506 L/min dan koefisien muai $0,0007/^{\circ}\text{C}$

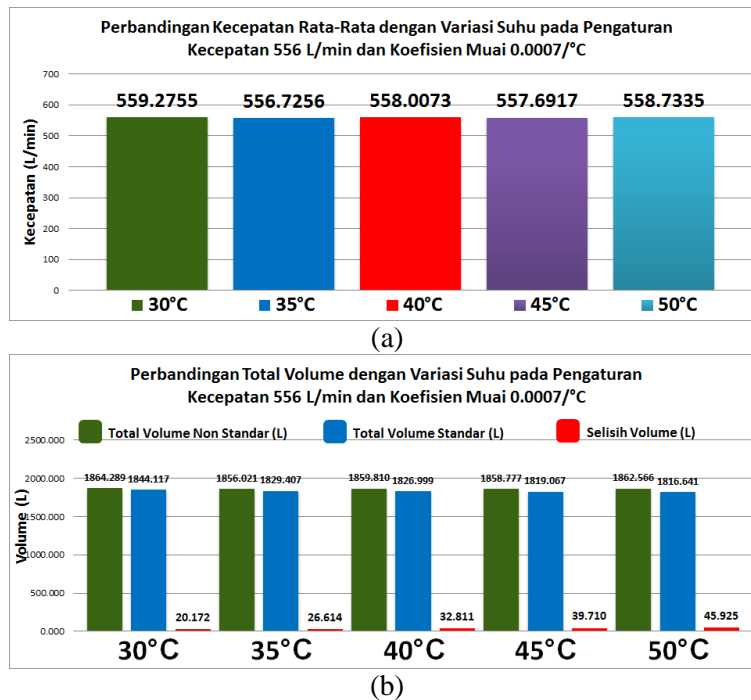
Gambar 6 (b) menunjukkan grafik perbandingan total volume dengan variasi suhu pada pengaturan kecepatan 506 L/min dan koefisien muai $0,0007/^{\circ}\text{C}$. Nilai total volume tertinggi sebelum dilakukan proses kompensasi (total volume non standar) tertinggi terdapat pada variasi suhu 40°C yakni sebesar 1726,153 liter dan terendah pada variasi suhu 50°C yakni sebesar 1637,621 liter. Hal ini sama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 (a) yakni nilai tertinggi terdapat pada variasi suhu 40°C dan terendah pada variasi suhu 50°C .

Dengan total volume yang cenderung sama pada setiap variasi suhu, selisih total volume non standar dengan total volume standar pada setiap variasi suhu cenderung meningkat. Selisih volume pada variasi suhu 30°C sebesar 17,901 liter, pada variasi suhu 35°C sebesar 23,848 liter, pada variasi suhu 40°C sebesar 29,884 liter, pada variasi suhu 45°C sebesar 35,235 liter, dan pada variasi suhu 50°C sebesar 40,188 liter.

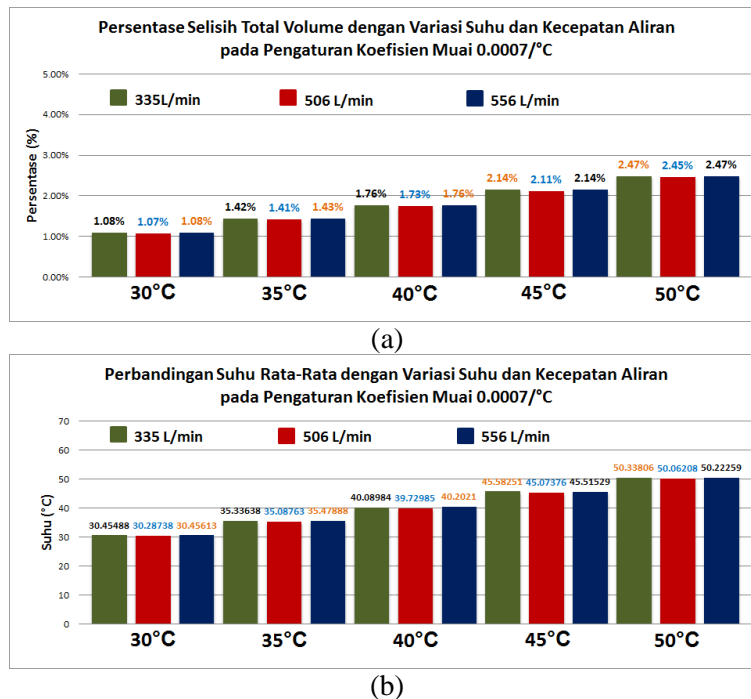
Gambar 7 (a) menunjukkan grafik hasil percobaan perbandingan kecepatan rata-rata dengan variasi suhu pada pengaturan kecepatan 556 L/min dan koefisien muai $0,0007/^{\circ}\text{C}$. Nilai kecepatan rata-rata tertinggi ditunjukkan pada variasi suhu 30°C yakni sebesar 559,2755 L/min. Sedangkan nilai kecepatan rata-rata terendah ditunjukkan pada variasi suhu 35°C yakni sebesar 556,7256 L/min.

Gambar 7 (b) menunjukkan grafik perbandingan total volume dengan variasi suhu pada pengaturan kecepatan 556 L/min dan koefisien muai $0,0007/^{\circ}\text{C}$. Nilai total volume tertinggi sebelum dilakukan proses kompensasi (total volume non standar) tertinggi terdapat pada variasi suhu 30°C yakni sebesar 1864,289 liter dan terendah pada variasi suhu 35°C yakni sebesar 1856,021 liter. Hal ini sama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 (a) yakni nilai tertinggi terdapat pada variasi suhu 30°C dan terendah pada variasi suhu 35°C . Dengan total volume yang cenderung sama pada setiap variasi suhu, selisih total volume non standar dengan total volume standar pada setiap variasi suhu cenderung meningkat. Selisih volume pada variasi suhu

30°C sebesar 20,172 liter, pada variasi suhu 35°C sebesar 26,164 liter, pada variasi suhu 40°C sebesar 32,811 liter, pada variasi suhu 45°C sebesar 39,710 liter, dan pada variasi suhu 50°C sebesar 45,925 liter.



Gambar 7 Grafik hasil pengujian sistem dengan pengaturan kecepatan 556 L/min dan koefisien muai 0,0007/°C



Gambar 8 Grafik hasil pengujian sistem dengan pengaturan koefisien muai 0,0007/°C

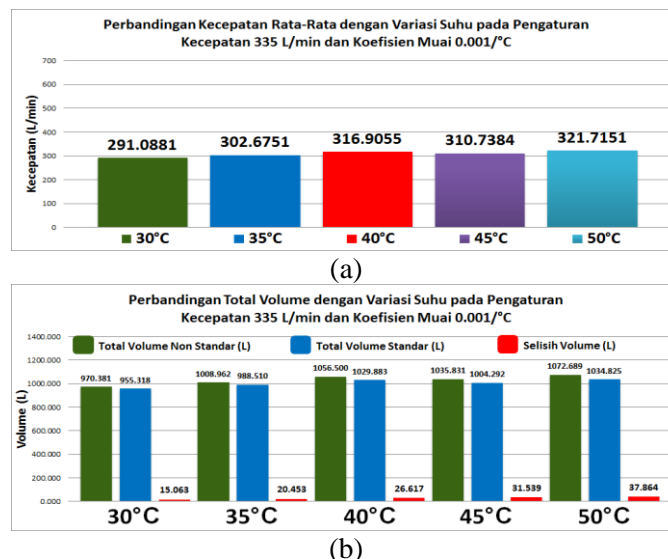
Gambar 8 (a) menunjukkan grafik persentase selisih total volume dengan variasi suhu dan kecepatan aliran pada pengaturan koefisien muai 0,0007/°C. Dari gambar tersebut diketahui

bahwa nilai persentase selisih total volume untuk setiap variasi kecepatan pada pengaturan suhu yang sama tidak menunjukkan nilai yang sepenuhnya sama. Sebagai contoh, pada pengaturan suhu 35°C dengan pengaturan kecepatan 506 L/min persentase selisih total volume menunjukkan nilai terendah (warna biru) yakni 1,41%, dengan pengaturan kecepatan 335 L/min persentase selisih total volume menunjukkan nilai yang lebih tinggi (warna hitam) yakni sebesar 1,42%, dan dengan pengaturan kecepatan 556 L/min persentase selisih total volume menunjukkan nilai tertinggi (warna orange) yakni sebesar 1,43%.

Gambar 8 (b) menunjukkan grafik perbandingan suhu rata-rata dengan variasi suhu dan kecepatan aliran pada pengaturan koefisien muai 0,0007/°C. Grafik ini mampu menjelaskan penyebab terjadinya perbedaan nilai persentase selisih total volume seperti yang ditunjukkan pada gambar 8 (a). Dari grafik pada Gambar 8 (b) dapat diketahui perbedaan suhu rata-rata yang diperoleh dari percobaan dengan pengaturan kecepatan 335 L/min, 506 L/min, dan 556 L/min. Nilai suhu rata-rata dengan warna biru menunjukkan nilai terendah, warna hitam menunjukkan nilai yang lebih tinggi, dan warna orange menunjukkan nilai tertinggi. Hal ini sesuai dengan prinsip kompensasi suhu yakni semakin tinggi suhu maka nilai kompensasi yang diberikan juga semakin tinggi. Dengan demikian percobaan sistem dengan pengaturan nilai koefisien 0,0007/°C secara keseluruhan berjalan dengan baik.

3.2 Percobaan dengan Nilai Koefisien Muai 0.001/°C

Gambar 9 (a) menunjukkan grafik perbandingan kecepatan rata-rata dengan variasi suhu pada pengaturan kecepatan 335 L/min dan koefisien muai 0.001/°C. Nilai kecepatan rata-rata tertinggi ditunjukkan pada variasi suhu 50°C yakni sebesar 321,7151 L/min. Sedangkan nilai kecepatan rata-rata terendah ditunjukkan pada variasi suhu 30°C yakni sebesar 291,0881 L/min. Adanya perbedaan nilai pada setiap variasi suhu ini disebabkan oleh kecepatan yang dihasilkan oleh motor DC dan diteruskan oleh piringan *encoder* optis tidak bisa sepenuhnya stabil walau nilai PWM yang diberikan konstan. Gambar 9 (b) menunjukkan grafik perbandingan total volume dengan variasi suhu pada pengaturan kecepatan 335 L/min dan koefisien muai 0,001/°C. Nilai total volume tertinggi sebelum dilakukan proses kompensasi (total volume non standar) tertinggi terdapat pada variasi suhu 50°C yakni sebesar 1072,689 liter dan terendah pada variasi suhu 30°C yakni sebesar 970,381 liter dengan selisih dari nilai tertinggi dan terendah sebesar 102.308 liter.

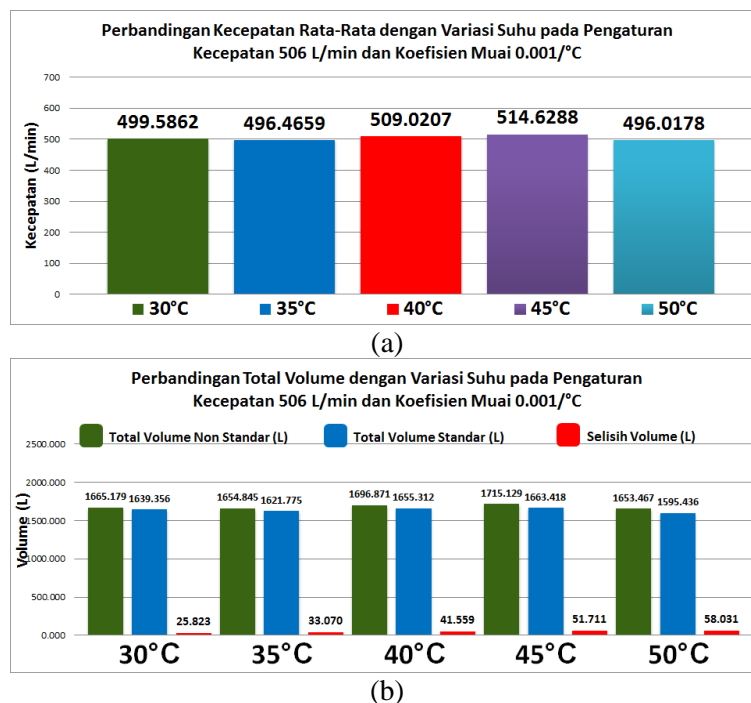


Gambar 9 Grafik hasil pengujian sistem dengan pengaturan kecepatan 335 L/min dan koefisien muai 0,001/°C

Dengan total volume yang cenderung sama pada setiap variasi suhu, selisih total volume non standar dengan total volume standar pada setiap variasi suhu cenderung meningkat. Selisih volume pada variasi suhu 30°C sebesar 15,063 liter, pada variasi suhu 35°C sebesar 20,453 liter, pada variasi suhu 40°C sebesar 26,617 liter, pada variasi suhu 45°C sebesar 31,539 liter, dan pada variasi suhu 50°C sebesar 37,864 liter.

Gambar 10 (a) menunjukkan grafik perbandingan kecepatan rata-rata dengan variasi suhu pada pengaturan kecepatan 506 L/min dan koefisien muai 0.001/°C. Kecepatan rata-rata tertinggi ditunjukkan pada variasi suhu 45°C yakni sebesar 514,6288 L/min. Sedangkan nilai kecepatan rata-rata terendah ditunjukkan pada variasi suhu 50°C yakni sebesar 496,0178 L/min.

Gambar 10 (b) menunjukkan grafik perbandingan total volume dengan variasi suhu pada pengaturan kecepatan 506 L/min dan koefisien muai 0,001/°C. Nilai total volume tertinggi sebelum dilakukan proses kompensasi (total volume non standar) tertinggi terdapat pada variasi suhu 45°C yakni sebesar 1715,129 liter dan terendah pada variasi suhu 50°C yakni sebesar 1653,467 liter dengan selisih dari nilai tertinggi dan terendah sebesar 61,662 liter atau lebih baik daripada percobaan dengan pengaturan kecepatan 335 L/min yakni sebesar 102.308 liter.



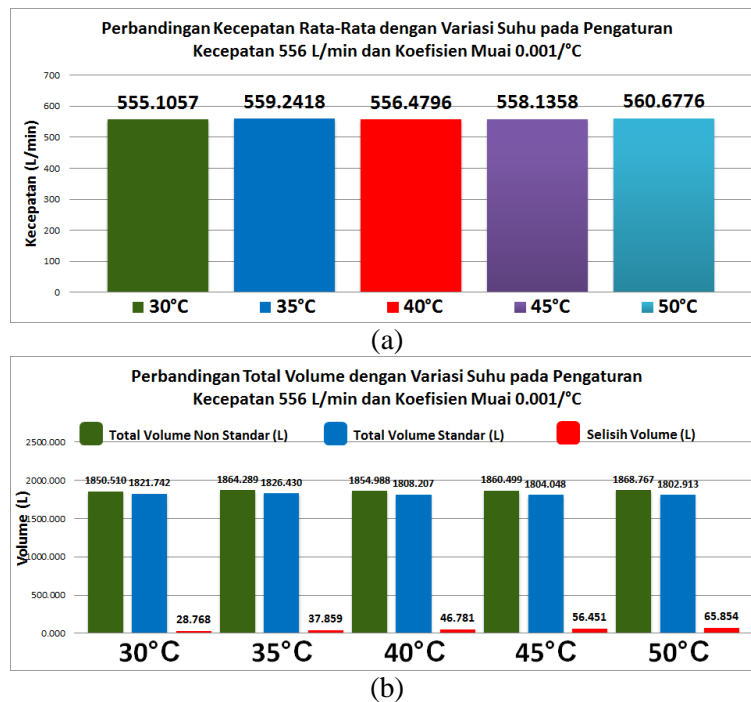
Gambar 10 Grafik hasil pengujian sistem dengan pengaturan kecepatan 506 L/min dan koefisien muai 0,001/°C

Dengan total volume yang cenderung sama pada setiap variasi suhu, selisih total volume non standar dengan total volume standar pada setiap variasi suhu cenderung meningkat. Selisih volume pada variasi suhu 30°C sebesar 25,823 liter, pada variasi suhu 35°C sebesar 33,070 liter, pada variasi suhu 40°C sebesar 41,559 liter, pada variasi suhu 45°C sebesar 51,711 liter, dan pada variasi suhu 50°C sebesar 58,031 liter.

Gambar 11 (a) menunjukkan grafik perbandingan kecepatan rata-rata dengan variasi suhu pada pengaturan kecepatan 556 L/min dan koefisien muai 0.001/°C. Nilai kecepatan rata-rata tertinggi ditunjukkan pada variasi suhu 50°C yakni sebesar 560,6776 L/min. Sedangkan nilai kecepatan rata-rata terendah ditunjukkan pada variasi suhu 30°C yakni sebesar 555,1057 L/min. Gambar 11 (b) menunjukkan grafik perbandingan total volume dengan variasi suhu pada pengaturan kecepatan 556 L/min dan koefisien muai 0,001/°C. Nilai total volume tertinggi sebelum dilakukan proses kompensasi (total volume non standar) tertinggi terdapat pada variasi suhu 50°C yakni sebesar 1868,767 liter dan terendah pada variasi suhu 30°C yakni sebesar

1850,510 liter dengan selisih dari nilai tertinggi dan terendah sebesar 18.257 liter atau lebih baik daripada percobaan dengan pengaturan kecepatan 335 L/min yakni sebesar 102.308 liter maupun dengan pengaturan kecepatan 506 L/min yakni sebesar 61,662 liter.

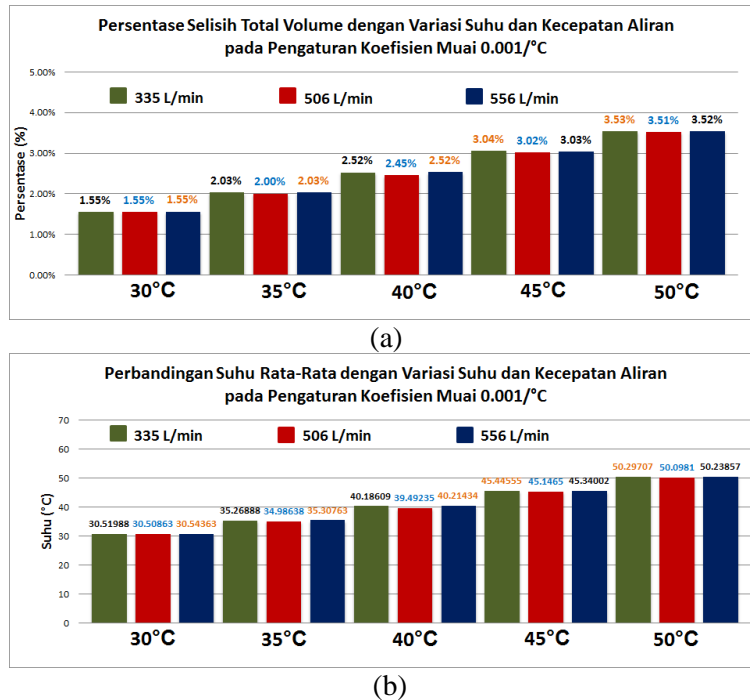
Dengan total volume yang cenderung sama pada setiap variasi suhu, selisih total volume non standar dengan total volume standar pada setiap variasi suhu cenderung meningkat. Selisih volume pada variasi suhu 30°C sebesar 28,768 liter, pada variasi suhu 35°C sebesar 37,859 liter, pada variasi suhu 40°C sebesar 46,781 liter, pada variasi suhu 45°C sebesar 56,451 liter, dan pada variasi suhu 50°C sebesar 65,854 liter.



Gambar 11 Grafik hasil pengujian sistem dengan pengaturan kecepatan 556 L/min dan koefisien muai 0,001/°C

Gambar 12 (a) menunjukkan grafik persentase selisih total volume dengan variasi suhu dan kecepatan aliran pada pengaturan koefisien muai 0,001/°C. Pada pengaturan suhu 50°C dengan pengaturan kecepatan 506 L/min persentase selisih total volume menunjukkan nilai terendah (warna biru) yakni 3,51%, dengan pengaturan kecepatan 556 L/min persentase selisih total volume menunjukkan nilai yang lebih tinggi (warna hitam) yakni sebesar 3,52%, dan dengan pengaturan kecepatan 335 L/min persentase selisih total volume menunjukkan nilai tertinggi (warna orange) yakni sebesar 3,53%.

Gambar 12 (b) menunjukkan grafik perbandingan suhu rata-rata dengan variasi suhu dan kecepatan aliran pada pengaturan koefisien muai 0,001/°C. Grafik ini mampu menjelaskan penyebab terjadinya perbedaan nilai persentase selisih total volume seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12 (a). Dari grafik pada gambar 12 (b) dapat diketahui perbedaan suhu rata-rata yang diperoleh dari percobaan dengan pengaturan kecepatan 335 L/min, 506 L/min, dan 556 L/min. Nilai suhu rata-rata dengan warna biru menunjukkan nilai terendah, warna hitam menunjukkan nilai yang lebih tinggi, dan warna orange menunjukkan nilai tertinggi dari ketiga variasi pengaturan kecepatan pada percobaan yang dilakukan. Hal ini sesuai dengan prinsip kompensasi suhu yakni semakin tinggi suhu maka nilai kompensasi yang diberikan juga semakin tinggi. Dengan demikian percobaan sistem pada pengaturan nilai koefisien 0,001/°C secara keseluruhan berjalan dengan baik.



Gambar 12 Grafik hasil pengujian sistem dengan pengaturan koefisien muai 0,001/°C

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan. Implementasi purwarupa mekanisme akuisisi data *rotary vane positive displacement flowmeter* dengan kompensasi suhu telah berhasil dilakukan dan dapat bekerja dengan baik. Persentase selisih total volume dengan variasi suhu dan kecepatan aliran baik pada pengaturan koefisien muai 0,0007/°C maupun 0,001/°C menunjukkan kecenderungan nilai yang sama dalam variasi nilai suhu yang sama. Hal ini sesuai dengan prinsip kerja kompensasi *flowmeter* dengan variabel suhu yakni semakin tinggi selisih suhu aktual dengan suhu standar maka semakin tinggi pula nilai kompensasi yang diberikan demikian juga sebaliknya. Nilai selisih total volume hasil dari proses kompensasi yang tertinggi adalah pada percobaan dengan pengaturan nilai koefisien muai 0,001/°C, kecepatan 556 L/min, dan suhu 50°C yakni sebesar 65,854 liter sedangkan yang terendah adalah pada percobaan dengan pengaturan nilai koefisien muai 0,0007/°C, kecepatan 335 L/min, dan suhu 30°C yakni sebesar 10,530 liter.

5. SARAN

Untuk pengembangan sistem yang lebih baik, sebaiknya memberikan beberapa saran yang dapat dilakukan. Perlu dirancang purwarupa yang lebih mendekati model sesungguhnya sehingga dapat diujicoba langsung menggunakan fluida yang nyata. Jumlah celah pada piringan encoder optis dapat divariasikan sehingga diperoleh hasil pengukuran dengan akurasi yang lebih baik. Selanjutnya, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan sensor tekanan untuk menjadi masukan tambahan dalam proses kompensasi pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mei, K. 2012. *Volume Correction Factor Calculation Development in American Petroleum Institute*. Singapore: API Asia Conference and Expo.
- [2] FMC Technologies. 1998. *Smith Meter PD Meter Displacement Meters for Liquid Measurement Technical Paper*. USA: FMC Measurement Solutions.
- [3] The Engineering ToolBox Team. 2013. Coefficients of Cubical Expansion of Liquids. http://www.engineeringtoolbox.com/cubical-expansion-coefficients-d_1262.html diakses pada tanggal 1 Januari 2013.
- [4] Febrianto, T., Edi, S.S., dan Sunarno. 2013. *Rancang Bangun Alat Uji Kelayakan Pelumas Kendaraan Bermotor Berbasis Mikrokontroler*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- [5] Yudistira, J. 2011. *Pengembangan Otomasi Sistem Penghitung Volume Kayu Balok Studi Kasus Pabrik Kayu*. Surabaya: ITS.
- [6] Kristiyanto, P. 2008. *Sistem Telemetri Tinggi Muka Air Sungai Menggunakan Modem GSM Berbasis Mikrokontroler AVR AT-Mega 32*. Semarang: Jurusan Teknik Elektro UNDIP.
- [7] Khuriati, A., Sumariyah, dan Sarwoko, E.A.. 2005. *Pengendalian Suhu Berbasis Pengendalian Hidup-Mati, P, PI, dan PID*. *Berkala Fisika* Vol 8, No.3, pp. 79-86.