

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR
LAJU FLUIDA DENGAN METODE PULSA PANAS
BERBASIS DATA LOGGER DAN MIKROKONTROLER**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika**

Oleh :

**ARIANTI FEBE ROFITASARI
0210930005**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009**

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR
LAJU FLUIDA DENGAN METODE PULSA PANAS
BERBASIS DATA LOGGER DAN MIKROKONTROLER**

Oleh :
ARIANTI FEBE ROFITASARI
0210930005

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal.....
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ing . Setyawan P.S, M.Eng
NIP. 131 879 401

Drs. Arinto Yudi P.W, M.Sc.PhD
NIP. 131 837 956

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Drs. Adi Susilo, PhD
NIP. 131 960 447

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arianti Febe Rofitasari
NIM : 0210930005
Jurusan : Fisika
Penulis skripsi berjudul :

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR LAJU FLUIDA DENGAN METODE PULSA PANAS BERBASIS DATA LOGGER DAN MIKROKONTROLER

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
 2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.
- Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, FEBRUARI 2009
Yang menyatakan

(Arianti Febe Rofitasari)
NIM. 0210930005

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR LAJU FLUIDA DENGAN METODE PULSA PANAS BERBASIS DATA LOGGER DAN MIKROKONTROLER

ABSTRAK

Prinsip kerja pengukuran laju fluida pada penelitian ini berdasarkan pengukuran suhu pada laju fluida, menggunakan dua buah sensor yang diletakan 1cm di atas dan di bawah pemanas. Waktu dari laju fluida didapat berdasarkan dari waktu tempuh laju fluida yang telah diberi panas. Perhitungan laju fluida didapat dari perbandingan antara jarak tempuh dan waktu tempuh fluida yang telah diberi panas.

Data analog dari sensor diubah menjadi data digital menggunakan mikrokontroler dan disimpan dalam RAM (Read Only Memory). Waktu pengambilan data didapat dari RTC. Data sensor dan waktu pengambilan data yang didapat diolah oleh komputer untuk mendapatkan laju fluida.



DEVELOPMENT OF FLUID VELOCITY MEASUREMENT USING HEAT PULSE METHODE BASE DATA LOGGER AND MICROCONTROLLER

ABSTRACT

The basic principle of the measurement in fluids study was to measure temperature on moving fluid. The temperature measurement were conducted on two sensors placed of 1 cm above and below a heater. The fluid velocity measurement were conduted by measuring a time needed by a heated moving fluid in a certain distance. The fluid velocity was calculated by the deviding of the distance by the measured time.

The analog data of temperature by a sensors were converted to a digital signal by a microcontroller and then data was stored in a RAM (Read Only Memory). The time data of the temperature measurement was obtained from a RTC (Real Time Clock). Finally the fluid velocity was calculated based on soft data

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR LAJU FLUIDA DENGAN METODE PULSA PANAS BERBASIS DATA LOGGER DAN MIKROKONTROLER“. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Fisika di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.

Penulis banyak mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak dalam penyusunan skripsi ini, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Dr. Ing . Setyawan P.S, M.Eng. sebagai dosen pembimbing I ,atas kesempatan dan perhatian yang diberikan.
2. Drs. Arinto Yudi P.W, M.Sc.,PhD. sebagai pembimbing II, atas bimbingan dan kesabaran yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
3. Drs. Adi Susilo, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika.
4. Bapak dan Ibu Dosen yang telah mengajar selama ini, atas ilmu dan bimbingannya.
5. Seluruh Karyawan dan Laboran Jurusan Fisika Falkutas MIPA Universitas Brawijaya Malang.
6. Kedua orang tuaku, Kakakku Rinta, Adikku Ani dan Vita, yang telah memberikan semangat baik moril maupun materil serta doanya selama ini.
7. Teman-teman jurusan Fisika angkatan 2002.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, terimakasih atas bantuan, dukungan dan doa yang telah diberikan. Kritik dan saran demi penyempurnaan skripsi ini sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Maret 2009

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian mendominasi sebagian besar mata pencaharian penduduk di Indonesia. Hasil pertanian akan meningkat jika tanaman pertanian tersebut dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Tumbuhan membutuhkan berbagai macam unsur hara mineral untuk bahan pertumbuhannya. Unsur hara mineral yang terlalu tinggi dapat menyebabkan tumbuhan keracunan dan mati, demikian juga jika unsur hara mineral tersebut kurang mencukupi bisa menyebabkan tumbuhan layu. Unsur hara tersebut akan diserap tumbuhan dan bergerak ke atas bersama dengan aliran transpirasi yaitu proses penguapan pada tumbuhan yang dikeluarkan melalui daun. Kecepatan aliran naiknya unsur hara pada tumbuhan menentukan sedikit banyaknya bahan makanan yang diperlukan oleh tanaman dan tingkat efisiensi tumbuhan dalam memanfaatkan air, sehingga diperlukan suatu alat yang secara praktis dapat digunakan untuk mengukur tingkat transpirasi dengan cara mengukur kecepatan aliran naiknya cairan bahan makanan pada tumbuhan agar tidak kekurangan air yang diperlukan untuk pertumbuhan.

Nur Sari Kartini (2006) telah melakukan penelitian tentang pembuatan alat ukur kecepatan aliran air dalam batang tumbuhan dengan menggunakan metode kompensasi pulsa panas. Pengambilan data dalam penelitian tersebut dilakukan secara manual sehingga tidak efisien karena peneliti harus datang ke tempat penelitian terus menerus. Penelitian ini dilakukan atas dasar permasalahan tersebut, sehingga memunculkan ide untuk mengembangkan suatu sistem yang dapat merekam data. Suatu sistem yang digunakan untuk mencatat dan merekam data dinamakan data *logger*. Data *logger* yang akan dibuat dalam penelitian ini berfungsi sebagai penyimpan data-data yang dibutuhkan untuk perhitungan laju aliran fluida dan waktu pencatatannya, karena perhitungan laju aliran fluida adalah dasar dari perhitungan laju aliran cairan pada batang tumbuhan.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian laju fluida dengan sistem data *logger* ini memunculkan berbagai permasalahan. Permasalahan-permasalahan yang muncul dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membuat sistem pengukuran yang dapat digunakan untuk mencatat dan merekam data (data *logger*) laju fluida dan waktu pencatatan?
2. Bagaimana membuat perantara antara port serial dengan perangkat keras yang dirancang sehingga dapat berkomunikasi antara keduanya?
3. Bagaimana menampilkan data hasil pencatatan dan perekaman ke komputer untuk mengetahui hasil pengukuran dan perekaman yang dilakukan?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, agar penelitian yang dilakukan terkonsentrasi maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya ditekankan pada perancangan dan pembuatan alat.
2. Perancangan dan pembuatan data *logger* laju fluida ini menggunakan termokopel sebagai masukan, yang sebelumnya di digitalkan oleh ADC0808.
3. Perancangan dan pembuatan *Real Time Clock* menggunakan RTC DS12887 sebagai pengatur jam dan kalender.
4. Memori yang digunakan adalah memori DS1224 yang mempunyai kapasitas 8 Kbyte dan bersifat *non volatile*.
5. Pengukuran laju fluida pada penelitian ini berdasarkan perhitungan laju pulsa panas yang dibawa oleh aliran fluida.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Merancang dan membuat sistem pengukuran yang dapat digunakan untuk mencatat dan merekam data (data *logger*) laju fluida dan waktu pencatatan?
2. Membuat perantara antara port serial dengan perangkat keras yang dapat berkomunikasi antara keduanya?

3. Menampilkan data hasil pencatatan dan perekaman ke komputer untuk mengetahui hasil pengukuran dan perekaman yang dilakukan?

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan didapat dari penelitian ini ialah:

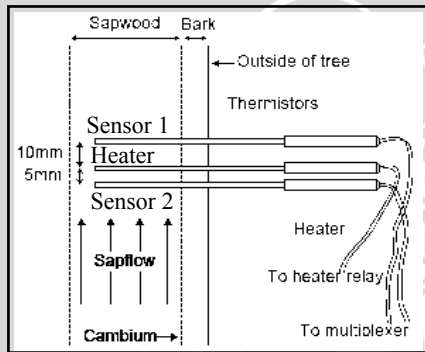
1. Dihasilkannya alat pengukur laju fluida yang dapat mencatat dan merekam data, sehingga menghemat waktu dan tenaga.
2. Dihasilkannya alat pengukur laju fluida yang dapat dikomunikasikan dengan PC sehingga pola grafik dari laju fluida dapat dilihat.
3. Sistem yang dihasilkan diharapkan nantinya dapat diterapkan untuk mengukur laju respirasi pada tumbuhan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metodologi Kompensasi Pulsa Panas

Metode untuk menghitung kecepatan aliran air ini menggunakan sebuah pemanas dan dua buah sensor. Sensor terletak sejauh 10 mm di atas pemanas dan 5 mm di bawah pemanas. Sensor yang digunakan adalah sensor suhu dengan ukuran yang sangat kecil dengan tujuan agar tidak dipengaruhi oleh suhu udara. Sensor diletakkan pada posisi tegak lurus terhadap batang untuk memudahkan dalam mengukur kecepatan aliran air (Anonymous, 1995).



Gambar 2.1 Posisi Sensor dan Pemanas
(McJannet, David dan Fitch, Peter, 2004)

2.2 Rumusan Perpindahan Kalor

Diasumsikan bahwa aliran cairan homogen, isotropik dan kecepatan disemua titik terdistribusi merata, sehingga didapat persamaan aliran panas konduksi dan konveksi :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha' \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) - U \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.1)$$

T adalah temperatur ($^{\circ}\text{C}$), t adalah waktu (s), α' adalah ketetapan termal, U adalah kecepatan (ms^{-1}) dan x,y,z adalah koordinat. Persamaan (2.1) hanya dapat digunakan pada sistem 1 phase. Untuk sistem lebih dari 1 fase, persamaannya adalah :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) - \theta V_w \frac{(\rho c)_t \partial T}{\rho c \partial x} \quad (2.2)$$

Dimana α adalah tetapan difusi termal dari sistem lebih dari 1 fase, ρc adalah *volumetric heat capacity* ($J m^{-3} C^{-1}$) dari sistem lebih dari 1 fase, $(\rho c)_l$ adalah *volumetric heat capacity* dari cairan dan θ adalah *volumetric liquid content* dari medium (Ren, T., Kluitenberg, G. J., dan Horton, R., 2000).

Persamaan (2.2) yang pertama di sisi kanan menjelaskan panas konduksi dan yang kedua menjelaskan panas konveksi. Kecepatan kompensasi pulsa panas (*Heat Pulse Velocity* (HPV)) :

$$HPV = au \frac{\rho_s c_s}{\rho c} \quad \text{Dimana } \rho_s c_s = \text{volumetric heat capacity sap}$$

a = luasan sap, u = kecepatan sap (2.3)

Pulsa panas pada saat $x=y=0, t=0$, sensor dan pemanas jauh lebih kecil dari luasan yang akan diukur cairannya, suhu homogen dan isotropik serta kecepatan aliran cairan terdistribusi merata maka persamaan (2.2) dapat diselesaikan :

$$T = \frac{Q}{4\pi at} \exp - \left[\frac{(x - HPVt)^2 + y^2}{4at} \right] \quad (2.4)$$

Persamaan (2.4) dapat dimanipulasi untuk mencari HPV dari temperatur dengan variasi waktu pada satu atau lebih titik (x, y). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Gambar 2.2A menjelaskan bahwa sensor yang terletak di bawah pemanas mendeteksi panas dalam 3 waktu yaitu t_1, t_2 dan t_3 dimana $t_3 = 3 t_1$ dan $t_2 = 2 t_1$

$$HPVM = r \left[\frac{t_1 \ln R_1 - t_3 \ln R_2}{t_1 t_2 t_3 \ln (R_1/R_2)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.5)$$

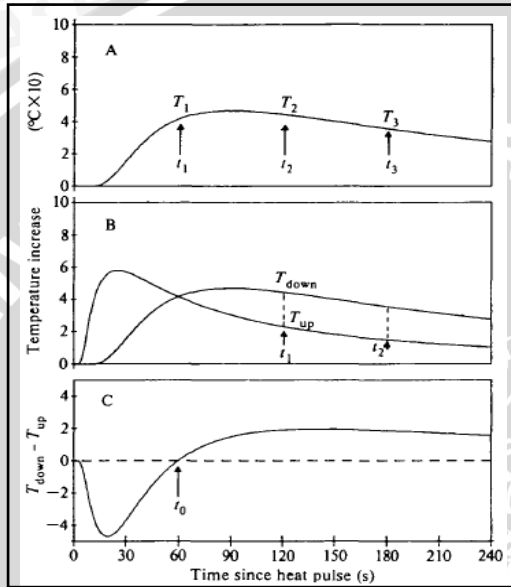
Dimana $r = (x^2 + y^2)^{1/2}$ adalah jarak dari sensor ke pemanas, $R_1 = T_1 t_1 / T_2 t_2$, $R_2 = T_2 t_2 / T_3 t_3$ dan T_1, T_2, T_3 adalah kenaikan suhu di atas *ambient* pada waktu t_1, t_2, t_3 . Gambar 2.2C menjelaskan dua suhu, satu suhu di atas pemanas (T_1) yang jaraknya $-x_1$ (bernilai negatif) dan yang satu lagi di bawah pemanas (T_2) yang jaraknya x_2 dari pemanas, jika kedua sensor menunjukkan suhu yang sama ($T_1 = T_2$) di t_0 maka :

$$HPVT = \frac{x_1 + x_2}{2t_0} \quad (2.6)$$

Umumnya untuk 2 sensor terdeteksi panas ($T_1 \neq T_2$) setiap dua kali waktu t_1 dan t_2 adalah : (Gambar 2.2B)

$$HPVA = \frac{(x_1 + x_2)(t_1 \ln s_1 - t_2 \ln s_2)}{2t_1/t_2 \ln (s_1/s_2)} \quad (2.7)$$

Dimana $s_1 = T_1 / T_2$ saat t_1 dan $s_2 = T_1 / T_2$ saat t_2 . Tidak ada rumusan yang dapat menentukan suhu secara tepat, yang ada hanya rata-rata suhu atau perbedaan suhu. Hal ini memiliki implikasi penting untuk instrumentasi (Swanson, R. H. dan Whitfield, D. W. A., 1981).

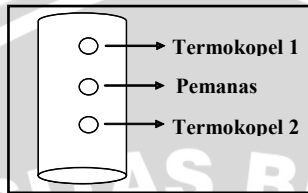


Gambar 2.2 Grafik hubungan waktu dengan kenaikan suhu dari dari persamaan (2.4) dengan $\text{HPV} = 15 \text{ cm h}^{-1}$
 (A) Kenaikan suhu pada sensor 1 yang terletak 1 cm dibawah pemanas,(B) Kenaikan suhu pada sensor 1 yang terletak 1 cm dibawah pemanas (T_{Down}) dan kenaikan suhu sensor 2 yang terletak 0,5 cm diatas pemanas (T_{up}),(C) Perbedaan suhu antara sensor 1 yang terletak 1 cm dibawah pemanas dengan sensor 2 yang terletak 0,5 cm diatas pemanas
 (Swanson, R. H. dan Whitfield, D. W. A., 1981)

2.3 Pengukuran Transpirasi dengan Metode Kompensasi Pulsa Panas

Pembuktian bahwa metode kompensasi pulsa panas dapat mengukur kecepatan aliran air pada selang, telah dilakukan oleh Nur Sari Kartini (2006). Berdasarkan hasil tersebut dilakukan pengukuran transpirasi pada tumbuhan dengan metode kompensasi pulsa panas. Pengukuran transpirasi didasarkan pada perhitungan kecepatan aliran air pada tumbuhan.

Batang pohon dilubangi sebanyak 3 buah lubang dengan jarak antar lubang masing-masing sejauh 1 cm dan kedalaman ± 3 cm seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Tempat Pemasangan Termokopel dan Pemanas (Kartini, Nur Sari, 2006)

Panas yang dihasilkan oleh pembangkit pulsa panas akan dibawa oleh aliran air secara konveksi dan sebagian lagi dirambatkan dengan proses konduksi pada batang pohon. Jarak antar lubang adalah 1 cm, hal ini bertujuan agar panas yang dibawa aliran air tidak terlalu banyak yang hilang. Apabila jarak antara termokopel dan pemanas terlalu jauh dikhawatirkan panas yang terbawa oleh aliran air akan mengalami proses kesetimbangan termal sehingga pada saat mencapai termokopel, suhu air dan panas yang dibawa sudah mencapai titik setimbang dengan suhu lingkungan. Selain itu pengaturan jarak sejauh 1 cm ini bertujuan untuk memastikan bahwa panas yang diterima termokopel benar-benar panas yang berasal dari pemanas, bukan panas yang berasal dari lingkungan luar.

Kedalaman setiap lubang tempat termokopel dan pemanas adalah ± 3 cm. Hal ini disebabkan karena proses transpirasi yang diukur adalah tumbuhan dikotil dengan diameter ± 7.5 cm. Tumbuhan dikotil memiliki susunan berkas pembuluh yang teratur membentuk sebuah cincin dengan empulur dibagian tengahnya. Proses pengangkutan air pada tumbuhan dikotil terjadi pada bagian xilem, dimana telah diketahui bahwa posisi xilem adalah dibagian dalam antara kambium dan empulur. Karena itulah, pada batang tumbuhan dengan diameter ± 7.5 cm, posisi xilemnya dimulai pada kedalaman ± 3 cm sampai mencapai jari-jari batang. Akan tetapi pada xilem bagian dalam yaitu pada kedalaman jari-jari batang, pembuluh xilemnya telah berubah menjadi kayu dan keras (empulur). Karena alasan inilah, maka posisi termokopel dan pemanas dipasang pada kedalaman ± 3 cm dari permukaan batang. Pemanas dan termokopel dimasukkan pada kedalaman ± 3 cm dan celah pada lubang tersebut

ditutup rapat (ditempeli tanah) dengan tujuan agar faktor-faktor lain dari luar misalnya pengaruh sinar matahari dan angin terhadap termokopel secara langsung bisa diminimalkan. Dengan demikian maka faktor-faktor lingkungan tersebut (misalnya sinar matahari dan angin) hanya terjadi pada badan tumbuhan dan itu sudah terukur oleh termokopel bagian bawah yang berfungsi sebagai pengkompensasi pulsa panas, baik itu dari panas yang terbawa secara konduksi ke arah bawah atau panas yang terjadi pada batang tumbuhan karena adanya eliminasi dari faktor luar seperti cahaya matahari dan angin.

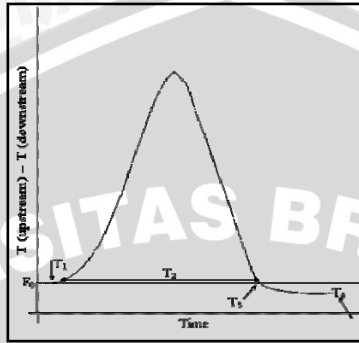
Termokopel pada bagian atas berfungsi untuk menangkap perubahan suhu akibat adanya panas yang dibawa oleh aliran air. Sedangkan termokopel pada bagian bawah pemanas berfungsi sebagai pengkompensasi panas. Maksud dari pengkompensasi panas disini adalah dikhawatirkan ada panas yang merambat ke arah bawah akibat adanya proses konduksi pada batang tumbuhan dan ada panas yang timbul pada batang tumbuhan akibat pengaruh cahaya matahari. Apabila ada panas yang dibawa ke bawah akibat adanya konduksi, maka termokopel di bagian bawah akan berfungsi sebagai pengkompensasi (Kartini, Nur Sari, 2006).

Pemberian pulsa panas harus disesuaikan dengan jenis dan struktur batang tumbuhan yang dijadikan obyek agar tumbuhan tersebut tidak mati saat diukur kecepatan aliran makanannya. Ketika pemanas dinyalakan maka pada pemanas akan timbul panas yang semakin lama semakin naik. Setelah 10 detik pemanas dimatikan, sehingga panas yang dihasilkan berupa pulsa (gambar). Pulsa panas tersebut akan terbawa oleh aliran cairan bahan makanan sehingga menyentuh bagian sensor 1 yang kemudian akan menaikkan suhu pada sensor tersebut. Karena panas yang diberikan berupa pulsa maka setelah beberapa saat kemudian suhu pada sensor 1 akan turun dan kembali ke keadaan semula, seperti pada gambar 2.4.

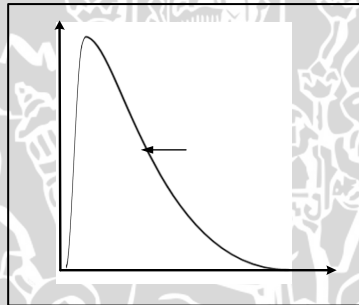
Besarnya suhu yang diterima oleh sensor panas akan dikonversi menjadi tegangan. Waktu yang diperlukan mulai dari tegangan awal sampai tegangan akhir tersebut yang akan digunakan untuk menghitung kecepatan aliran cairan bahan makanan pada tumbuhan. Kecepatan pulsa panas tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.6 (Nurnaini, 2006).

Karena jarak antara s_1 dan s_2 terhadap sensor adalah sama yaitu s yang nilainya 1 cm maka persamaan kecepatan pulsa panas tersebut di atas dapat ditulis menjadi (Nurnaini, 2006):

$$v = \frac{S}{t} \quad (2.8)$$



Gambar 2.4 *Sapflow Sensor Technical Manual* (Anonimous, 1995)



Gambar 2.5 Grafik Suhu dari Pemanas (Nurnaini, 2006)

2.4 Data Logger

Data logger merupakan instrumen elektronik yang dirancang untuk dapat merekam data hasil pengukuran (temperatur, kelembaban relatif, intensitas cahaya, tekanan, tegangan maupun yang lainnya) setiap waktu dan data tersebut dapat diakses sewaktu-waktu. Biasanya teknik ini dimanfaatkan pada daerah yang menuntut adanya *monitoring* secara terus menerus dalam waktu 24 jam *nonstop*. Kerja dari data *logger* memanfaatkan komputer sebagai penampil langsung data yang diperoleh maupun agar dapat diakses sewaktu-waktu. Salah satu kelebihan dari data *logger* adalah kemampuannya untuk tetap bekerja pada daerah-daerah yang sulit dijangkau maupun daerah-daerah yang rawan untuk dijangkau manusia (Ritchie, 2004).

2.5 Analog to Digital Converter (ADC) 0808

Ada dua metode yang digunakan untuk membangun suatu ADC yaitu (Setiawan, R., 2008) :

- *Open loop*
flash ADC dengan kecepatan tinggi, *Time Window ADC*, *Slope Converter* dengan kecepatan sedang, dan *Dual Slope Converter* dengan kecepatan lambat tetapi mempunyai kestabilan yang tinggi.
- *Closed loop*
dalam metode *closed loop* (dengan *feedback*) ada tipe-tipe *single counter* ADC.

ADC 0808 merupakan konverter sinyal analog ke sinyal digital CMOS yang menggunakan successive approximation sebagai teknik konversinya. ADC 0808 juga merupakan ADC 8-bit dengan 8-kanal multiplexer, hanya memerlukan daya 15mW dengan waktu konversi 100 μ s. ADC 0808 memiliki 8-channel single ended analog signal multiplexer.

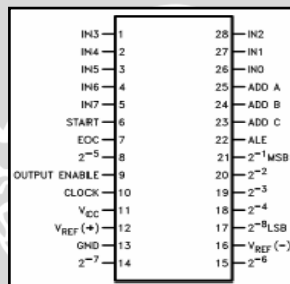
Konverter analog ke digital 0808 memiliki 3 bagian penting yakni 256R *ladder network*, SAR (*Successive Approximation Ratio*) dan komparator. A/D konverter SAR akan reset pada saat *positive edge* dari sinyal *Start Conversion* (SC). Konversi dimulai pada *falling edge* sinyal *Start Conversion* (SC). Selama proses konversi akan diinterupsi oleh sinyal SC yang baru, jika ingin mengakhiri konversi maka sinyal End Of Conversion (EOC) segera dikirimkan. Komparator dalam A/D konverter akan menentukan akurasi selama proses konversi.

Keuntungan utama dari ADC 0808 adalah tegangan input memiliki *range* yang sama dengan range *power supply* sehingga output dari transduser dapat dihubungkan secara langsung kekanal input ADC 0808. Tegangan referensi berhubungan dengan tegangan skala penuh, jika $V_{CC} = V_{REF} = 5.10$ V maka range pada skala penuh dibagi dengan 255 step. Step terkecil adalah 1 LSB dimana harganya sekitar 20mV, tegangan referensi ini yang menentukan akurasinya. ADC 0808 menghendaki eksternal *clock*, *clock* yang disediakan berkisar antara 10kHz hingga 1280kHz. (Setiawan, R., 2008)

Urut-urutan konversi ADC0808 (Setiawan, R., 2008):

- OUTPUT ENABLE = 0
- ALE = 0

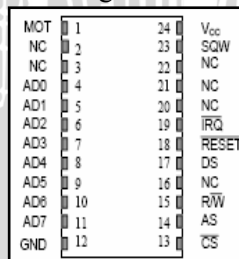
- START = 0
- ALE = 1
- START = 1
- ALE = 0
- START = 0
- EOC (*End Of Conversion*) akan *LOW*. Artinya konversi sedang dimulai. Konversi selesai setelah EOC = 1. Jadi EOC digunakan sebagai input bagi rangkaian *interface* untuk mengetahui apakah konversi sudah selesai atau belum.
- Jika EOC sudah *HIGH*, data hasil konversi akan dikeluarkan jika dikeluarkan *OUTPUT ENABLE* = 1 dan segera data diambil.
- Jika data sudah diambil, kembalikan *OUTPUT ENABLE* = 0.



Gambar 2.6 Konfigurasi Pin-pin ADC 0808
(Anonimous (c), 1999)

2.6 Real Time Clock (RTC)

Suatu perantara yang menyediakan data-data mengenai waktu yang ditampilkan berupa rangkaian jam, kalender dalam bentuk biner maupun BCD yang dikenal sebagai *Real Time Clock*.



Gambar 2.7 Konfigurasi Pin-pin RTC
(Anonimous (d), 2000)

Jenis IC yang digunakan DS12C887, mempunyai 128 *bytes* RAM internal. RAM internal terdiri atas 14 *bytes* yang digunakan

untuk *clock* dan *register control*, sedangkan 114 *bytes* lainnya dapat digunakan oleh pemakai. IC ini di desain dapat digunakan untuk mengatur jadwal *on/off*, sebab didalamnya sudah ada rangkaian jam dan kalender beserta baterai *back up*-nya, bahkan rangkaian dapat tetap bekerja walaupun *power supply* sudah dimatikan dan dapat beroperasi tanpa adanya catu daya hingga 10 tahun (Anonimous (d), 2000).

Fungsi pin-pin RTC DS12C887 dapat dijelaskan sebagai berikut (Anonimous (d), 2000) :

1. VCC dan GND
Penyemat catu daya, VCC dihubungkan pada catu daya positif dan GND pada *ground*. Tegangan catu daya adalah 5 volt.
2. MOT (*Motel*)
Memilih mode diagram pewaktuan. Apabila dihubungkan pada VCC berarti diagram Motorola yang dipakai, jika dihubungkan dengan *ground* berarti sistem pewaktu lain yang dipakai (intel).
3. SQW (*Square Wave Output*)
Mengeluarkan sebuah sinyal dari 15 periode yang ada. Besar frekuensi SQW dapat diubah dengan diprogram pada *register A*. Untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sinyal SQW dipilih lewat bit SQW pada *register B*.
4. AD0-AD7 (*Address Data 0-7*)
Bus data bus alamat yang masih termutipleks. Pengiriman data maupun alamat dilakukan melalui *bus* ini.
5. AS (*Address Strobe*)
Untuk memisahkan *bus data bus* alamat (ALE). Tepi turun dari ALE akan menyebabkan alamat ditahan RTC secara internal.
6. DS (*Data Strobe*)
Befungsi sama dengan sinyal OE (*Output Enable*) pada komponen memori. Sinyal DS dihubungkan sinyal RD yang berasal dari mikrokontroler untuk melakukan proses membaca pada RAM internal RTC.
7. CS (*Chip Select*)
Mengaktifkan piranti RTC. Sinyal CS didapat dari dekoder alamat dengan alamat tertentu.
8. IRQ (*Interrupt Request*)
IRQ berfungsi untuk menginterupsi mikrokontroler dengan cara mereset IRQ pada *registerC* RTC. Saat tidak terdapat interupsi, penyemat ini dalam kondisi impedansi tinggi.

9. R/W (*Read/Write*)

Untuk membaca dan menulis data pada RTC.

10. RCLR (*RAM clear*)

Menghapus data-data pada RAM dengan cara menghubungkan penyemat/RCLR dengan *ground*.

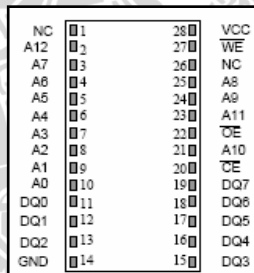
2.7 RAM (*Random Acces Memory*) DS1225AD

RAM secara umum ada 2 jenis, yaitu (Sutadi, 2002) :

- DRAM (*Dynamics RAM*), terdiri dari satu transistor dan satu kapasitor, sifatnya relatif lambat namun murah.
- SRAM (*Statics RAM*), terdiri dari empat transistor dan dua kapasitor, cepat namun sangat mahal.

RAM berfungsi sebagai penyimpanan sementara data-data hasil cuplikan dari kanal-kanal analog sebelum ditransfer ke komputer.

RAM DS1225AD merupakan SRAM, *Non Volatile* karena memiliki baterai internal sehingga data yang tersimpan tidak akan hilang meskipun catu daya sistem dimatikan, kapasitas maksimum 8x8Kbyte.



NC	01	28	VCC
A12	02	27	WE
A7	03	26	NC
A6	04	25	A8
A5	05	24	A9
A4	06	23	A11
A3	07	22	OE
A2	08	21	A10
A1	09	20	CE
A0	10	19	DQ7
DQ0	11	18	DQ6
DQ1	12	17	DQ5
DQ2	13	16	DQ4
GND	14	15	DQ3

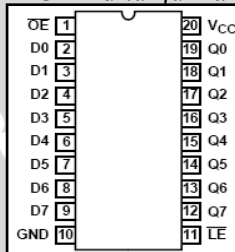
Gambar 2.8 Konfigurasi Pin-pin RAM DS1225AD
(Anonimous (f), 2006)

Untuk dapat mengakses RAM, pin CE dikontrol oleh mikrokontroler. Bila pin CE diberi sinyal logika rendah maka RAM aktif, dapat ditulis maupun dibaca. Untuk dapat membaca RAM pin WE dihubungkan dengan pin WR mikrokontroler dan diberi sinyal logika rendah. Sedangkan menulis RAM, pin OE dihubungkan dengan pin RD mikrokontroler dan diberi sinyal logika rendah.

2.8 Pengunci (*Latch*) 74LS573

Pada sistem perluasan memori, *bus data* dan *bus adres* rendah dimultipleks menjadi satu pada port0 mikrokontroler. Untuk

memisahkan saluran alamat dengan saluran data yang termultipleks secara bersama pada jalur AD0 – AD7, digunakan sebuah penahan alamat (*address latching*). Pengaktifan latch mengeluarkan sinyal ALE yang dikeluarkan secara otomatis pada setiap siklus mesin oleh mikrokontroler. Dalam penelitian ini digunakan IC latch 74HC573. Susunan pin-pin dari kaki IC ini ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Konfigurasi Pin-pin 74LS573 (Anonimous, 1997)

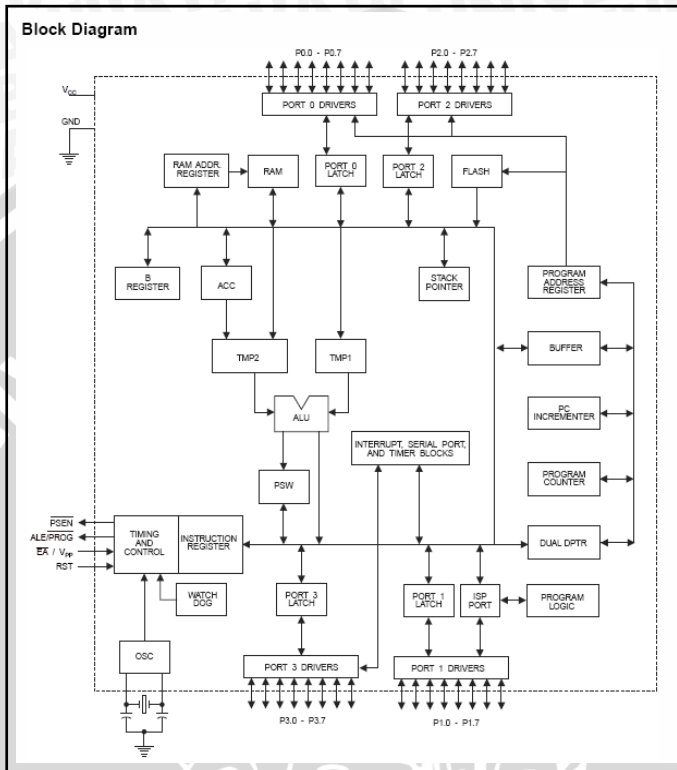
Alamat akan menjadi valid apabila ALE dalam kondisi aktif tinggi dan bertahan bila ALE dalam kondisi aktif rendah. Sinyal ALE berlogika tinggi maka 74HC573 meneruskan informasi alamat dari port0 (karena port0 masih berfungsi sebagai saluran alamat) ke saluran alamat pada memori.

Apabila sinyal ALE berlogika rendah, maka IC latch ini tidak meneruskan informasi port0 (karena port0 telah berfungsi sebagai saluran data), tetapi menahan informasi alamat sebelumnya. Sinyal ALE secara kontinyu akan dikeluarkan mikrokontroler dengan frekuensi $\frac{1}{6}$ dari frekuensi osilator (Anonimous, 1997).

2.9 Mikrokontroler AT89S52

AT89S52 adalah mikrokontroler keluarga MCS-51 dengan daya rendah, memiliki 8 Kbyte program memori, 256 x 8 bit RAM internal dan dilengkapi dengan sistem pemrograman serial (ISP- *In System Programming*). Intruksi set dan pin outnya kompatibel dengan mikrokontroler 80C51 standart memiliki 32 pin I/O, 2 data pointer, 3 *timer / counter* 16 bit, 8 sumber interupsi serta UART untuk komunikasi serial yang mendukung komunikasi secara *full duplex*.

Blok diagram dari arsitektur AT89S52 adalah sebagai berikut (Gambar 2.10) :



Gambar 2.10 Arsitektur AT89S52
(Anonymous, 2003)

2.9.1 *Timer / Counter MCS51*

AT89S52 memiliki 3 buah *timer*, yaitu *timer0*, *timer1*, dan *timer2*. *Timer0* dan *timer1* memiliki cara kerja yang sama. *Timer0* dan *timer1* diakses menggunakan register khusus yang tersimpan dalam SFR (*Special Function Register*), yaitu (Anonymous, 2003):

a. *TMOD (Timer Mode Register)*

Register ini digunakan untuk mengatur *timer/counter* terdapat pada *Timer Mode* (TMOD) dan *Timer Control* (TCON). TMOD tidak dapat diakses secara bit dan beralamat di 89H. Fungsi dari *timer* dan *counter* diatur oleh bit control C/T pada SFR TMOD. Kedua *timer/counter* ini (*timer 0* dan *timer 1*) mempunyai 4 mode operasi yang dapat diatur melalui sepasang bit M1 dan M0.

Tabel 2.1 Register TMOD
(Anonimous, 2003)

(MSB)				(LSB)			
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0
Timer 1				Timer 2			

THx (*Timer High x*) dan TLx (*Timer Low x*)

THx dan TLx (x adalah nomor *timer*) merupakan register yang menunjukkan nilai dari *timer*, dimana masing-masing timer mempunyai dua buah register, yaitu :

THx untuk high byte dan TLx untuk low byte

- TH0 : *Timer0* High byte terletak pada alamat 8AH.
- TL0 : *Timer0* Low byte terletak pada alamat 88H.
- TH1 : *Timer1* High byte terletak pada alamat 8CH.
- TL1 : *Timer1* Low byte terletak pada alamat 8DH.

b. TCON (*Timer Control Register*)

Register TCON dibagi menjadi 2 bagian, 4 bit pertama (bit 0 sampai dengan bit3) dipakai untuk keperluan mengatur masukan INT0 dan INT1. Sisa 4 bit dari register TCON (bit4 sampai bit 7) dibagi menjadi 2 bagian secara simetris yang dipakai untuk mengatur *timer0* dan *timer1*.

Pengaturan register timer digunakan untuk mengatur cara kerja *timer* yang dikenal sebagai mode kerja *timer*. Mode kerja *timer* terdiri dari 4 yaitu (Anonimous, 2003) :

Tabel 2.2 Register Timer
(Anonimous, 2003)

(MSB)				(LSB)			
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

a. Mode 0 *Timer* 13 bit

Pada Mode 0, register TLx (TL0 atau TL1) hanya digunakan 5 bit terendah saja, sedangkan register THx (TH0 atau TH1) tetap sebesar 8 bit. TLx akan terus bertambah hingga bernilai 1FH. *Overflow* akan terjadi, jika ada perubahan dari FF1FH ke 0000H. Nilai THx dan TLx dapat diubah oleh user setiap saat dalam program.

b. Mode 1 *Timer* 16 bit

Mode 1 ini menggunakan semua bit TLx, sehingga mode 1 merupakan *timer/counter* 16 bit. Nilai terbesar THx dan TLx

adalah FFFFH (THx = FFH dan TLx = FFH). *Overflow* akan terjadi jika ada perubahan dari FFFFH ke 0000H.

c. Mode 2

Pada mode ini register *timer* berkerja dalam mode 8 bit di mana nilai *timer* tersimpan pada TLx. Register THx berisi nilai Isi Ulang yang akan dikirim ke register TLx setiap kali terjadi *overflow*.

d. Mode 3

Pada mode ini MK seperti memiliki tiga buah *timer*. *Timer0* terpisah menjadi dua buah 8 bit timer yaitu TL0 dan TF0 sebagai *overflow flag* dan TH0 dengan TF1 sebagai *overflow flag*, sedangkan *timer1* tetap berfungsi sebagai 16 bit *timer*. Pada saat *timer1* berada pada mode 3, *timer* ini akan berhenti hingga mode kerja *timer1* diubah menjadi mode lain, oleh karena bit TF1 digunakan oleh TH0 sebagai *overflow flag*, maka bit ini tidak dapat digunakan selama *timer0* masih berada pada mode 3

2.9.2 Komunikasi Serial MCS-51

Mikrokontroler MCS-51 mempunyai *On Chip* Serial Port yang dapat digunakan untuk komunikasi data secara full duplex sehingga port serial ini masih dapat menerima data pada saat proses pengiriman terjadi.

Untuk menampung data yang diterima atau data yang akan dikirimkan, keluarga MCS-51 mempunyai sebuah register, yaitu SBUF yang terletak pada alamat 99H, dimana register ini berfungsi sebagai buffer, sehingga pada saat mikrokontroler ini membaca data yang pertama dan data kedua belum diterima secara penuh, maka ini tidak akan hilang.

Pada kenyataanya, register SBUF terdiri dari dua buah register yang menempati alamat yang sama, yaitu 99H. Register tersebut adalah *Transmit Buffer Register* yang bersifat *write only* (hanya dapat ditulis) dan *Receive Buffer Register* yang bersifat *read only* (hanya dapat dibaca)

Pada proses penerimaan data dari port serial, data yang masuk ke dalam port serial akan ditampung dalam *Receive Buffer Register* terlebih dahulu dan diteruskan ke jalur bus internal pada saat pembacaan register SBUF. Sedangkan pada proses pengiriman data ke port serial, data yang dituliskan dari bus internal akan ditampung

pada *Transmit buffer register* terlebih dahulu sebelum dikirim ke port serial.

Pada model dan mode3, baudrate dapat diatur dengan menggunakan timer1. Cara yang biasa digunakan adalah timer Mode 2 pada MCS-51 (*8 bit auto reload*) hanya menggunakan register TH saja. Pengiriman setiap bit data terjadi setiap Timer 1 *overflow* sebanyak 32 kali sehingga dapat disimpulkan bahwa lama pengiriman setiap bit data=Timer 1 *Overflow* x 32.

$$\text{Modes 1 and 3 Baud Rates} = \frac{\text{Timer 2 Overflow Rate}}{16} \quad (2.9)$$

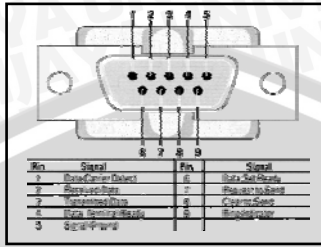
Port serial MCS-51 dapat digunakan untuk komunikasi data secara sinkron maupun asinkron. Komunikasi data serial secara sinkron merupakan bentuk komunikasi data serial yang memerlukan sinyal *clock* untuk sinkronisasi, di mana sinyal *clock* tersebut akan dihasilkan pada setiap bit pengiriman data sedangkan komunikasi asinkron tidak memerlukan sinyal *clock* sebagai sinkronisasi. Pengiriman data pada komunikasi serial diawali dari bit paling rendah (LSB) hingga bit paling tinggi (MSB) (Budiharto W., 2007).

2.10 Port Serial Komputer

Komunikasi serial adalah pengiriman data secara serial atau data dikirim satu per satu secara berurutan. Komunikasi serial memiliki kelebihan pada jangkauan panjang kabel yang lebih jauh dibandingkan dengan paralel. Hal ini karena pada saat serial port mengirimkan logika 1 dengan kisaran tegangan -3 volt hingga -25 volt dan logika 0 sebagai +3 volt hingga +25 volt sehingga kehilangan daya karena panjangnya kabel bukan masalah utama.

Komunikasi serial port bersifat asinkron sehingga sinyal detak tidak dikirimkan bersama data. Setiap word disinkronkan dengan start bit dan sebuah clock internal di kedua sisi menjaga bagian data.

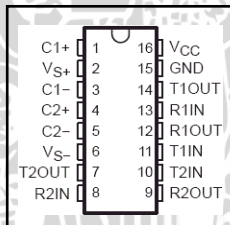
Perangkat keras pada komunikasi serial port dibagi menjadi dua kelompok yaitu *Data Communication Equipment* (DCE) dan *Data Terminal Equipment* (DTE). Contoh DCE adalah modem sedangkan DTE adalah terminal serial di komputer. Konektor port serial terdiri dari dua jenis yaitu konektor 25 pin atau biasa disebut dengan DB25 dan 9 pin atau biasa disebut dengan DB9. Pin pada DB9 memiliki fungsi yang berbeda seperti pada Gambar 2.11 (Budiharto, 2004).



Gambar 2.11 Pin DB9
(Budiharto, 2004)

2.11 Konverter Logika RS232

Banyak peralatan yang menggunakan logika TTL dan jika menggunakan logika TTL maka sinyal serial port harus kita konversikan dulu ke pulsa TTL sebelum kita gunakan, dan sebaliknya sinyal dari peralatan kita harus dikonversikan ke logika RS232 sebelum diinputkan ke serial port. Konverter yang paling mudah digunakan adalah MAX-232. Di dalam IC ini terdapat *charge pump* yang akan membangkitkan +10 volt dan -10 volt dari sumber +5 volt tunggal. Dalam IC DIP (*Dual In-Line Package*) 16 pin (8 pin x 2 baris) ini terdapat 2 buah transmiter dan 2 receiver (Sutadi, 2002).



Gambar 2.12 Max 232
(Sutadi, 2002)

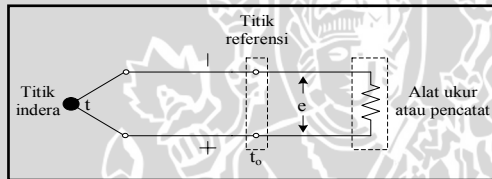
2.12 Temperatur

Sentuhan adalah cara yang paling sederhana untuk membedakan benda-benda panas dari benda-benda dingin. Melalui sentuhan maka kita dapat menyusun benda-benda menurut orde (tingkat) panasnya. Kita mengatakan ini sebagai pengertian temperatur (Halliday, 1997).

Temperatur dikenal sebagai ukuran panas atau dinginnya suatu benda. Secara lebih tepat, temperatur merupakan ukuran energi kinetik molekuler internal rata-rata sebuah benda (Tipler, 1991).

2.13 Termokopel

Sebuah termokopel terdiri dari sepasang kawat logam yang tidak sama materialnya, dihubungkan bersama-sama pada satu ujung (ujung pengindra atau ujung panas) dan berakhir pada ujung lain (titik referensi atau ujung dingin) yang dipertahankan pada suatu temperatur konstan yang diketahui (temperatur referensi). Bila antara ujung pengindra dan titik referensi terdapat perbedaan temperatur, suatu ggl yang menyebabkan arus di dalam rangkaian akan dihasilkan. Bila titik referensi ditutup oleh sebuah alat ukur atau instrumen pencatat seperti Gambar 2.13, penunjukan alat ukur tersebut akan sebanding dengan selisih temperatur antara ujung panas dan titik referensi. Efek termolistrik yang diakibatkan oleh potensial-potensial kotak pada titik-titik sambung ini dikenal sebagai efek *Seebeck*.



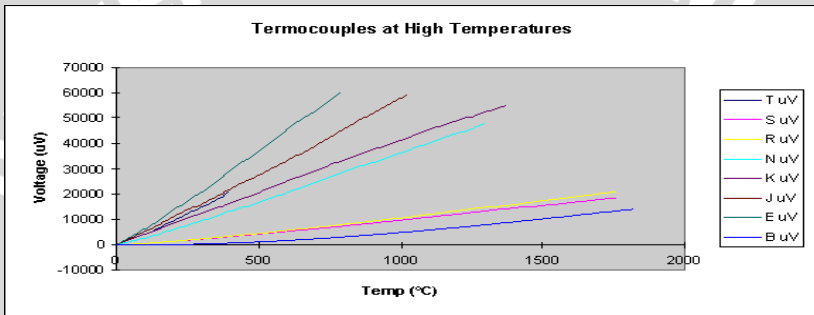
Gambar 2.13 Rangkaian dasar termokopel (Cooper, 1999)

Besarnya ggl termal bergantung pada bahan kawat yang digunakan pada selisih beberapa bahan termokopel yang lazim. Nilai yang diperlihatkan didasarkan pada temperatur referensi 32°F (Cooper, 1999).

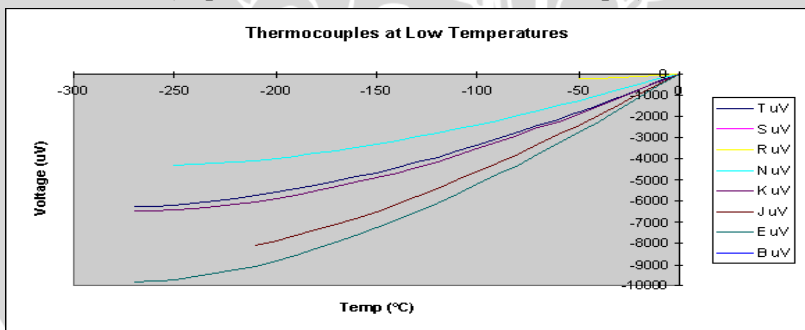
Apabila memilih suatu termokopel harus melakukan beberapa pertimbangan. Hal ini penting karena akan berpengaruh terhadap jangkauan temperatur yang akan terukur dan ketelitiannya. Ada beberapa jenis termokopel dengan karakteristiknya masing-masing (<http://www.answers.com/thermocouple>) :

- 1) Tipe K
Terbuat dari *Chromel* (campuran Ni-Cr) dan *Alumel* (campuran Ni-Al). Tipe ini mudah didapatkan karena harganya murah. Dapat mengukur suhu -200°C sampai $+1200^{\circ}\text{C}$. Kepekaannya $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.
- 2) Tipe E
Terbuat dari *Chromel* dan Konstanta (campuran Cu-Ni). Dapat mengukur suhu -270°C sampai $+1000^{\circ}\text{C}$. Kepekaannya $68\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

- 3) Tipe J
Terbuat dari *Iron* dan Konstanta dapat mengukur suhu pada -40°C sampai $+750^{\circ}\text{C}$.
- 4) Tipe B, Tipe R dan Tipe S
Ketiga tipe termokopel ini terbuat dari bahan *Platinum-Rhodium*. Termokopel ini hanya dapat digunakan pada suhu yang sangat tinggi ($> 300^{\circ}\text{C}$), akan tetapi kepekaannya sangat rendah yaitu sebesar $10\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$. Tipe B dapat mengukur suhu sampai suhu $+1800^{\circ}\text{C}$, sedangkan tipe R dan tipe S dapat mengukur suhu sampai suhu $+1600^{\circ}\text{C}$.



Gambar 2.14 Tegangan keluaran termokopel sebagai fungsi temperatur *high* untuk berbagai bahan termokopel (<http://www.answers.com/thermocouple>)



Gambar 2.15 Tegangan keluaran termokopel sebagai fungsi temperatur *low* untuk berbagai bahan termokopel (<http://www.answers.com/thermocouple>)

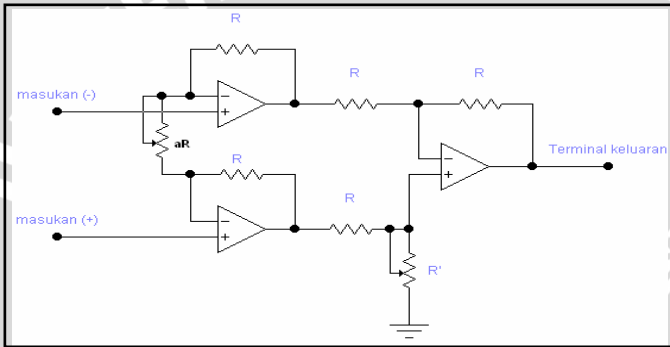
2.14 Penguat Instrumentasi

Penguat instrumentasi sesungguhnya dibuat dengan menghubungkan sebuah penguat penyangga ke sebuah penguat

diferensial dasar seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12. Op amp A_3 dan 4 tahanan R yang sama membentuk sebuah penguat diferensial dengan gain sebesar 1. Tahanan R' dapat diubah-ubah untuk menyeimbangkan setiap tegangan mode-bersama. Hanya ada satu tahanan, aR , yang digunakan untuk menyetel gain sesuai dengan rumusan berikut :

$$\frac{V_0}{E_1 - E_2} = 1 + \frac{2}{a} \quad (2.10)$$

dimana $a = \frac{aR}{R}$



Gambar 2.16 Penguat instrumentasi (Coughlin dan Frederick, F, 1983)

E_1 diterapkan ke masukan (+) dan E_2 ke masukan (-). V_0 sebanding dengan perbedaan antara tegangan-tegangan masukan. Ciri-ciri penguat instrumentasi diringkas sebagai berikut (Coughlin dan Frederick, F, 1983):

1. Gain tegangannya, dari masukan diferensial ($E_1 - E_2$) ke keluaran berujung tunggal, disetel oleh satu tahanan.
2. Resistansi masukan dari kedua masukannya sangat tinggi dan tak berubah jika gainnya berubah.
3. V_0 tidak tergantung pada tegangan bersama E_1 maupun E_2 (tegangan mode bersama), melainkan hanya pada perbedaan keduanya.

2.15 Perpindahan Panas

Panas adalah energi yang ditransfer dari satu benda ke benda lain karena beda temperatur. Bila energi panas ditambahkan pada suatu zat, maka temperatur zat itu biasanya naik (pengecualian

terjadi selama perubahan fasa, seperti bila air membeku atau menguap). Energi termis ditransfer dari satu tempat ke tempat lain lewat tiga proses yaitu konduksi, konveksi dan radiasi (Halliday, 1997).

Pada konduksi, energi ditransfer dari molekul atau elektron dengan energi kinetik yang lebih tinggi ke tetangganya yang mempunyai energi kinetik yang lebih rendah ketika mereka bertumbukan. Konduksi kalor hanya terjadi jika ada perbedaan temperatur.

Konveksi adalah transfer energi dengan cara perpindahan massa menempuh jarak yang cukup jauh. Atau dengan kata lain konveksi merupakan proses dimana kalor ditransfer dengan pergerakan molekul dari satu tempat ke tempat yang lainnya.

Radiasi, yang tidak membutuhkan adanya materi adalah transfer energi oleh gelombang elektromagnetik, seperti dari matahari (Giancoli, 2001).

2.16 Rangkaian Pemanas

Salah satu pemanfaatan efek *joule* adalah untuk elemen pemanas. Panas yang dihasilkan akibat disipasi daya dimanfaatkan untuk memanaskan obyek. Bahan yang paling banyak digunakan untuk pembuatan elemen pemanas listrik terdiri dari campuran (Nurnaini, 2006) :

1. Krom-Nikel
2. Krom-Nikel-Besi
3. Krom-Besi-Aluminium

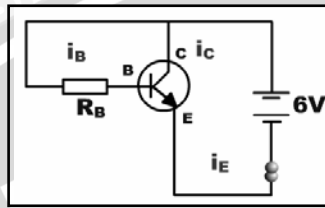
Kawat untuk elemen-elemen pemanas listrik harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut (Nurnaini, 2006) :

1. Tahanan jenisnya harus tinggi.
2. Harus tahan lama pada suhu yang dikehendaki.
3. Koefisien muainya harus kecil sehingga perubahan bentuknya pada suhu yang dikehendaki tidak terlalu besar.
4. Mekanis harus cukup kuat pada suhu yang dikehendaki.

Bahan yang digunakan sebagian besar ditentukan oleh suhu maximum yang dikehendaki. Logam-logam campuran tersebut di atas dapat digunakan sampai 100°C-1250°C. Sebagai penyangga panas diperlukan isolasi, untuk bahan isolasi kawat pemanas (*heater*) tidak boleh menimbulkan reaksi kimia dengan bahan kawatnya pada

suhu penggunaan. Syarat ini terutama penting untuk bahan-bahan isolasi keramik (Nurnaini, 2006).

2.17 Transistor sebagai penguat arus



Gambar 2.17 Rangkaian Transistor Emitor Bersama (<http://www.dikmenum.go.id/e-learning>)

Jika sambungan emitor-basis diberi tegangan lebih dari 0,6 volt, maka akan mengalir arus basis (I_B) yang kecil. Saat itu di kolektor akan mengalir arus kolektor (I_C) yang jauh lebih besar dibandingkan dengan I_B . Nilai yang umum untuk arus I_C adalah sekitar 10 sampai dengan 100 kali I_B . Jika dilihat I_B sebagai arus masuk dan I_C sebagai arus keluaran, maka transistor dapat dipandang sebagai penguat arus. Besarnya penguatan arusnya adalah h_{FE}

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} \quad (2.11)$$

Indeks FE artinya transistor dengan rangkaian emitor bersama (FE – *Forward Emitor*) (<http://www.dikmenum.go.id/e-learning>).

2.18 Relay

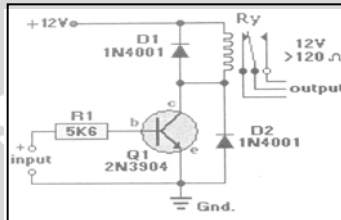
Relay berfungsi sebagai saklar yang bekerja berdasarkan input yang dimilikinya. Keuntungan relay :

- Dapat melakukan *switching* AC dan DC, transistor hanya dapat melakukan *switching* DC
- Relay dapat melakukan *switching* tegangan tinggi, transistor tidak dapat
- Relay pilihan yang tepat untuk *switching* arus yang besar
- Relay dapat melakukan *switching* banyak kontak dalam 1 waktu

Kekurangan relay :

- Relay ukurannya jauh lebih besar daripada transistor
- Relay tidak dapat melakukan *switching* dengan cepat
- Relay butuh daya lebih besar dibanding transistor
- Relay membutuhkan arus input yang besar

Transistor berdaya kecil juga kadang kala membutuhkan relay sebagai saklar tegangan tinggi. Relay akan aktif apabila ada input tegangan yang cukup pada basis transistor. Dibutuhkan dioda proteksi untuk mencegah tegangan balik yang dapat merusak transistor. Berikut contoh rangkaian transistor menggunakan relay (gambar 2.18) :



Gambar 2.18 Penggunaan relay pada transistor
(Budiharto, W. dan Firmansyah, S., 2005)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

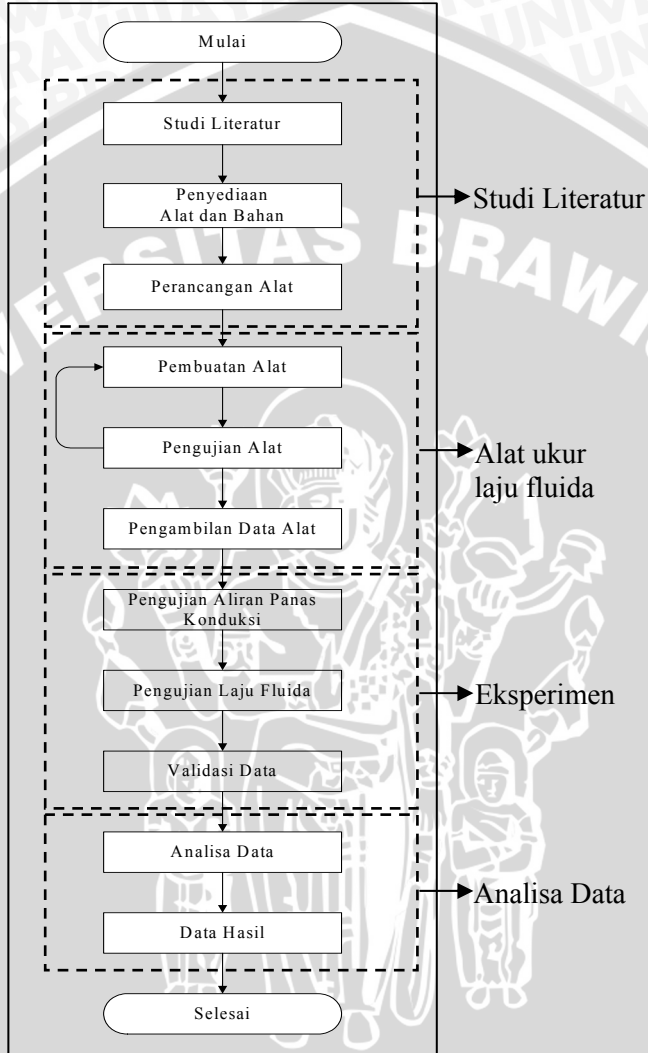
Perancangan dan pembuatan alat dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi dan Pengukuran jurusan Fisika Universitas Brawijaya Malang, pada bulan Januari 2007 – Desember 2008.

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu :

1. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan dan mempelajari literatur dari buku-buku dan artikel-artikel yang berhubungan termokopel, pemanas, Op-Amp, ADC0808, mikrokontroler AT89S52, RTC, RAM dan LCD.
2. Perancangan rangkaian elektronika berupa rangkaian sensor suhu dan pemanas.
3. Penentuan nilai dan jenis komponen yang akan digunakan untuk rangkaian sensor dan pemanas. Pada tahap ini yang lebih diutamakan adalah memilih komponen dengan harga yang terjangkau dan mudah didapatkan di pasaran agar apabila terjadi kerusakan dapat dengan mudah menggantinya.
4. Pembuatan rangkaian elektronika berupa rangkaian sensor suhu dan pemanas dengan menggunakan komponen yang telah ditentukan.
5. Pengujian rangkaian sensor suhu dan pemanas.
6. Perancangan dan pembuatan modul penyimpanan data dengan menggunakan rangkaian minimum sistem mikrokontroler AT89S52, LCD, RTC, RAM dan ADC.
7. Perancangan komunikasi serial menggunakan RS232.
8. Pengujian modul penyimpanan data.
9. Pembuatan aplikasi perhitungan laju fluida dengan *software* Delphi.
10. Pengujian keseluruhan alat.
11. Pengambilan data dan analisa.

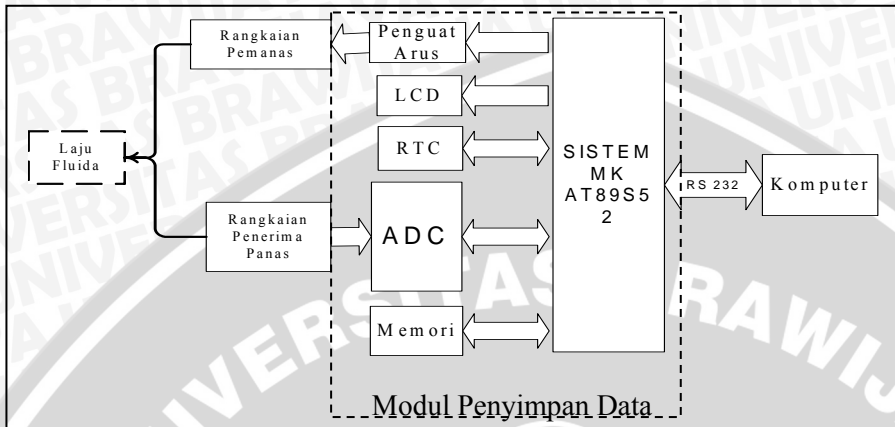
Diagram alir dari tahapan penelitian disajikan seperti di bawah :



Gambar 2.19 Diagram alir dari tahapan penelitian

3.3 Perancangan dan Pembuatan Alat

Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membuat sistem pengukuran yang dapat digunakan untuk mencatat dan merekam data laju fluida dan waktu pencatatannya. Blok diagram sistem secara keseluruhan ditunjukkan oleh Gambar 3.2.



Gambar 2.20 Blok Diagram Sistem

3.3.1 Rangkaian Penerima Panas

Rangkaian penerima panas dibuat untuk mendeteksi perubahan suhu yang ada pada aliran fluida. Rangkaian sensor suhu terdiri dari sensor termokopel dan rangkaian penguat dengan penguatan 2001 kali.

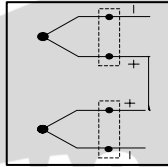
a. Sensor Termokopel

Sensor suhu yang digunakan harus sensor yang dapat melakukan kontak langsung dengan objeknya dan sangat sensitif terhadap perubahan panas yang sangat kecil pada jarak yang sangat pendek, sensor yang sesuai dengan ketentuan tersebut adalah sensor termokopel.

Termokopel yang dipakai dalam pembuatan alat ini adalah termokopel jenis K. Kelebihan termokopel jenis K dibanding dengan termokopel jenis yang lain adalah lebih liner terhadap perubahan suhu setelah tipe N, lebih sensitif, lebih murah dan banyak tersedia di pasaran. Keluaran termokopel jenis K berupa tegangan dengan sensitivitas tipikal terhadap perubahan suhu sebesar $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

Termokopel yang digunakan terdiri dari 2 buah termokopel dihubungkan secara differensial untuk mendeteksi perubahan suhu sehingga didapatkan perbedaan suhu. Termokopel yang pertama diletakkan 1 cm di atas pemanas sedangkan termokopel yang kedua diletakkan 1 cm di bawah pemanas. Termokopel pada bagian atas berfungsi untuk mendeteksi panas yang dibawa oleh aliran air, sedangkan termokopel pada bagian bawah berfungsi sebagai

pengkompensasi terhadap panas yang dialirkan secara konduksi oleh batang pada arah yang berlawanan dengan panas yang dibawa oleh aliran air (panas yang terkonduksi ke arah bawah batang).



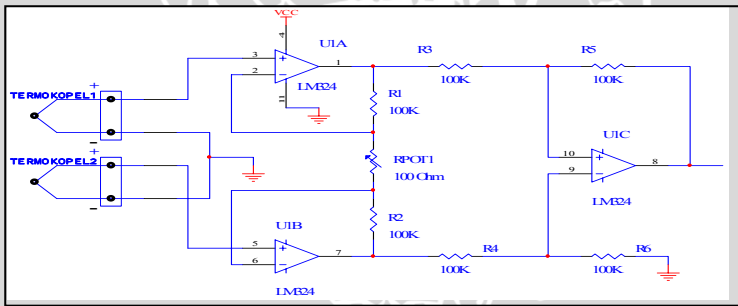
Gambar 2.21 Rangkaian Termokopel

b. Rangkaian Penguat

Keluaran termokopel jenis K berupa tegangan dengan sensitivitas tipikal terhadap perubahan suhu sebesar $41\mu\text{V}/0\text{C}$ sehingga diperlukan suatu rangkaian penguat yang dapat menguatkan sinyal tersebut. Rangkaian penguatan yang digunakan adalah penguat instrumentasi, dikarenakan pada penguatan instrumentasi terjadi proses pengurangan differensial amplifier sehingga didapatkan sinyal input dengan noise yang sangat kecil. Nilai penguatan sebesar 2001 kali didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$R1=R2=R3=R4=R5=R6$$

$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{2 R1}{R_{pot}} = 1 + \frac{200 k}{100} = 2001 \times \quad (3.1)$$



Gambar 2.22 Rangkaian Penguat Instrumentasi

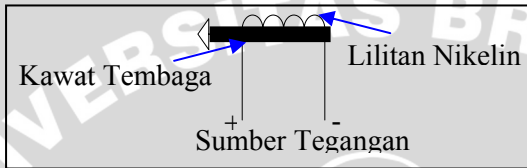
3.3.2 Rangkaian Pemanas

Rangkaian pemanas terdiri dari pemanas berupa lilitan nikelin, transistor sebagai saklar yang berfungsi sebagai pengendali pemanas dan relay yang berfungsi sebagai sumber arus pemanas.

a. Pemanas

TERMOKOPEL

Pemanas yang digunakan adalah pemanas sederhana yang terbuat dari kawat nikelin 6Ω yang dililitkan pada sebuah penyangga kawat tembaga yang dilapisi isolator seperti pada Gambar 3.5. Kawat tembaga akan panas secara merata apabila nikelin dililitkan, karena penyebaran panasnya merata sehingga panas yang terbuang sedikit. Pemanas dibuat dari kawat nikelin karena kawat nikelin terdiri dari berbagai macam jenis dan ukuran sehingga mudah untuk diatur besar nilai hambatannya.

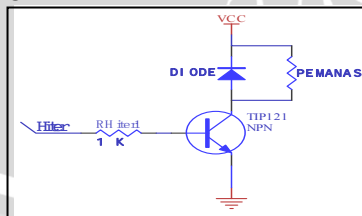


Gambar 2.23 Pemanas

Perancangan pemanas ini diperlukan untuk memberi panas yang cukup dengan waktu pemanasan yang diatur menggunakan saklar sesuai dengan yang dibutuhkan. Panas yang dihasilkan pemanas agar dapat menentukan aliran fluida, minimum dalam 1 detik pemanasan menaikkan 1°C suhu fluida.

b. Transistor Sebagai Saklar

Pemberian panas diatur menggunakan transistor, yang bekerja memutus dan menyambung aliran arus pada pemanas. Prinsip kerja transistor yang difungsikan sebagai saklar adalah jika pada basis diberi tegangan lebih dari $0,7\text{V}$ maka arus pada kolektor akan mengalir ke emitor sehingga akan ada arus yang mengalir ke pemanas, sebaliknya jika pada basis diberi tegangan kurang dari $0,7\text{Volt}$ maka arus pada kolektor tidak akan mengalir ke emitor sehingga akan ada arus yang mengalir ke pemanas. Pengontrol masukan pada basis diatur mikrokontroler secara digital dengan logika 0 (0 Volt) sebagai tegangan kurang dari $0,7\text{V}$ dan logika 1 (5 Volt) sebagai tegangan lebih dari $0,7\text{ V}$.



Gambar 2.24 Rangkaian Transistor

c. Relay

Arus kolektor yang dihasilkan oleh transistor tidak cukup untuk membuat pemanas cepat panas sehingga dibutuhkan relay. Relay dapat membuat tegangan dari mikrokontroler dan pemanas terpisah sehingga dapat menghasilkan arus yang cukup buat pemanas. Relay dirangkai sesuai gambar 2.18 agar dapat dikendalikan oleh mikrokontroler. Relay difungsikan sebagai saklar pemanas dengan pengendali transistor. Relay bekerja pada keadaan NO (*Normally Open*), jika tidak ada tegangan pada relay maka relay seperti skalar terbuka sedangkan jika ada tegangan pada relay maka relay seperti skalar terbuka.

3.3.3 Modul Penyimpan Data

Modul penyimpan data dibangun dari sebuah minimum sistem mikrokontroler AT89S52, ADC0808, LCD M1632, RTC DS12C887 dan RAM DS1225.

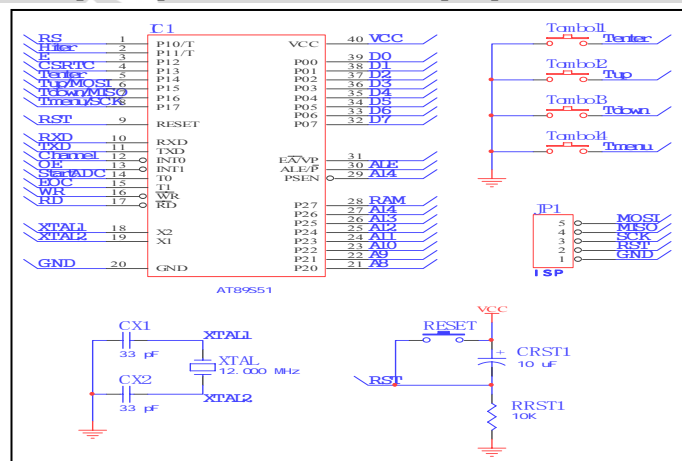
a. Mikrokontroler AT89S52

Mikrokontroler merupakan sistem pengendali utama yang dapat mengontrol, mengambil data, mengolah data dan dapat dihubungkan ke PC. Jenis mikrokontroler yang dipakai AT89S52 keluarga MCS51. Mikrokontroler jenis ini memiliki kapasitas 8Kbyte program memori yang dapat diprogram dengan mudah menggunakan pin ISP (MOSI, MISO, SCK, *Reset*) dan 256x8 bit RAM internal, yang memungkinkan termuatnya semua program yang dibutuhkan mikrokontroler sebagai sistem pengendali dengan mudah.

Mikrokontroler diprogram dengan beberapa menu antara lain:

- Menu sampling
Gunanya untuk menentukan waktu sampling, *range* 1detik sampai 1jam.
- Menu waktu pemanas hidup
Gunanya untuk menentukan waktu yang dibutuhkan pemanas untuk hidup, *range* 1 – 60 detik
- Menu waktu pemanas mati
Gunanya untuk menentukan waktu yang dibutuhkan pemanas mati, *range* 5 – 55 detik dengan interval 5detik
- Menu pengaturan waktu
Gunanya untuk mengatur waktu sehingga waktu sesuai dengan yang diinginkan.

- Menu transfer
Gunanya untuk memulai komunikasi dengan komputer. Komunikasi ini bertujuan untuk menampilkan semua data yang dihasilkan oleh pendikteksi suhu atau menampilkan semua data yang ada di RAM
- Menu hapus
Gunanya untuk menghapus isi RAM dengan mengisi nilai FF ke semua ruang RAM.
- Menu mulai
Gunanya untuk memulai mengambil data hasil pendikteksi panas, yang dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu data langsung ditampilkan pada PC atau data disimpan pada RAM.



Gambar 2.25 Rangkaian Mikrokontroler

Pilihan menu dapat diatur dengan tombol yang terhubung ke mikrokontroler, masing-masing tombol mempunyai fungsi yang berbeda. Fungsi dari masing-masing adalah :

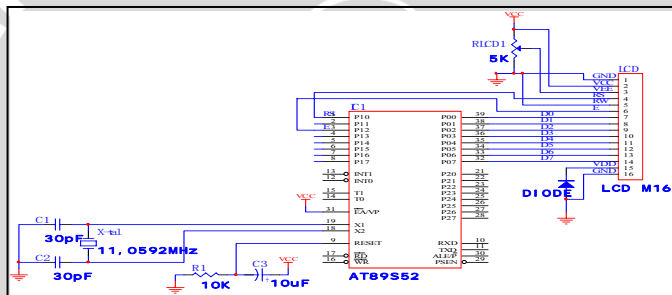
- Tombol *Menu* berfungsi untuk membantalkan suatu nilai masukan dan keluar dari menu atau kembali ke menu sebelumnya.
- Tombol *Enter* berfungsi untuk masuk ke menu tertentu dan memulai suatu perintah.
- Tombol *Up* berfungsi untuk memilih menu (arah atas).
- Tombol *Down* berfungsi untuk memilih menu (arah bawah).

Flowchart menu utama ditunjukkan pada gambar 3.10, *flowchart* menu-menu yang lain dapat dilihat pada lampiran 3. Menu mulai

merupakan menu pembantu dari menu utama mikrokontroler sedangkan menu utama adalah menu instruksi *timer*, dimana timer diatur setiap detiknya melakukan interupsi. Menu mulai bekerja menunggu hingga hitungan *timer* sesuai dengan waktu sampling, dengan cara menyesuaikan waktu sampling dalam detik dengan banyaknya intrupsi yang terjadi jika sesuai maka data akan disimpan.

b. LCD M1632

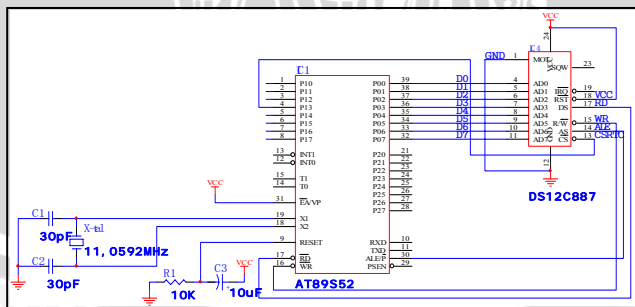
LCD M1632 merupakan LCD yang mempunyai 2 baris *display* dimana masing-masing baris mampu memuat hingga 16 karakter. LCD M1632 berfungsi untuk memudahkan pengaturan dan menampilkan nilai suhu. Pemasangan LCD pada mikrokontroler AT89S52 ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Pemasangan LCD M1632 pada Mikrokontroler

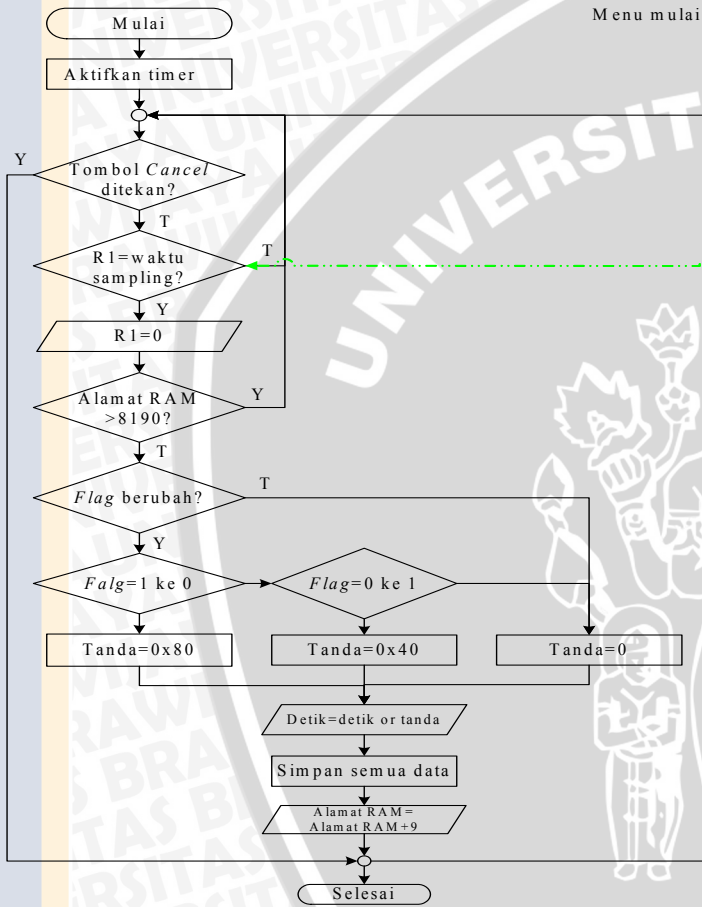
c. RTC DS12C887

RTC DS12C887 memiliki 14 register yang terdiri detik, alarm detik, menit, alarm menit, jam, alarm jam, hari, tanggal, bulan, tahun, register A, register B, register C, register D. Fungsi RTC12C887 adalah untuk memudahkan menampilkan waktu, karena di dalamnya terdapat *timer* internal.

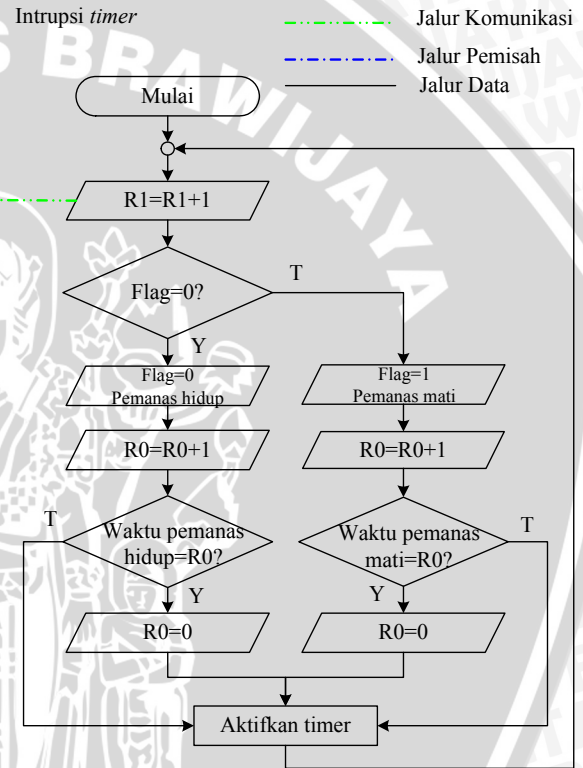


Gambar 3.9 Pemasangan RTC 12C887 pada Mikrokontroler

Menu mulai



Intrupsi timer

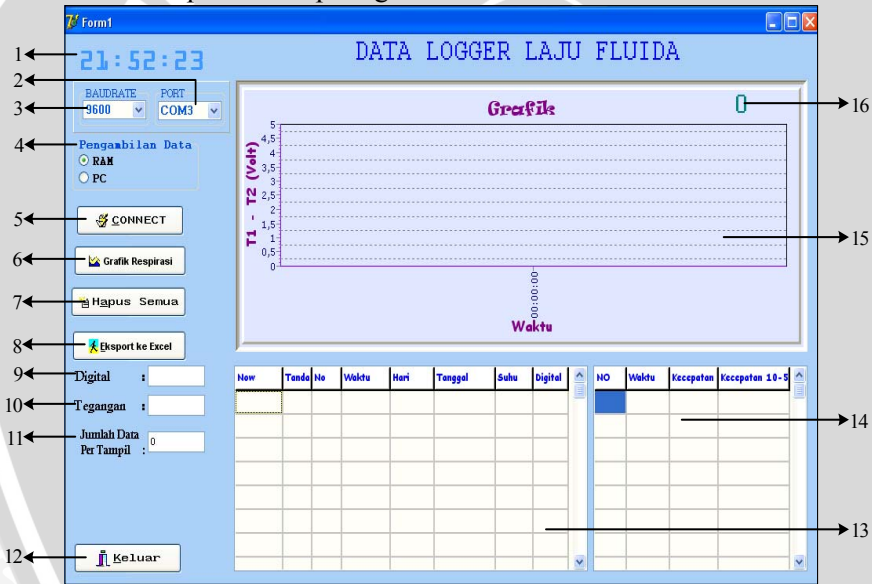


—•—•— Jalur Komunikasi
- - - - - Jalur Pemisah
————— Jalur Data

Gambar 3.10 Flowchart MENU UTAMA

Pengambilan data RAM DS1225 dari mikrokontroler ke komputer menggunakan komunikasi dengan protokol yang sangat sederhana yaitu (gambar 3.13) :

- ▲ Mikrokontroler menunggu perintah dari komputer.
- ▲ Mikrokontroler akan mengambil data yang ada pada RAM DS1225 sebanyak 9 data (detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, tahun dan 2 data hasil pengukuran) setiap 1x perintah dari komputer. Perintah yang sah ini berupa karakter 'C'.
- ▲ Data yang didapat berupa digital sehingga perlu diolah agar dapat dimengerti. Setiap 9 data yang didapat diolah dan ditampilkan pada komputer.
- ▲ Pengiriman data dilakukan dari alamat RAM DS1225 paling kecil sampai alamat paling besar.



- | | |
|--|--|
| 1. Jam sesuai system PC | 9. Data hasil pengukuran digital |
| 2. Port serial yang digunakan | 10. Data hasil pengukuran tegangan |
| 3. Baudrate yang digunakan | 11. Banyaknya data yang tampil dalam tabel |
| 4. Pilihan pengambilan data | 12. Keluar program |
| 5. Terhubung / Putus ke koneksi alat | 13. Tabel hasil pengukuran |
| 6. Menampilkan grafik laju fluida | 14. Tabel hasil laju fluida |
| 7. Hapus data pada semua tabel | 15. Grafik data hasil pengukuran |
| 8. Menampilkan data dalam format excel | 16. Banyaknya data yang masuk tabel |

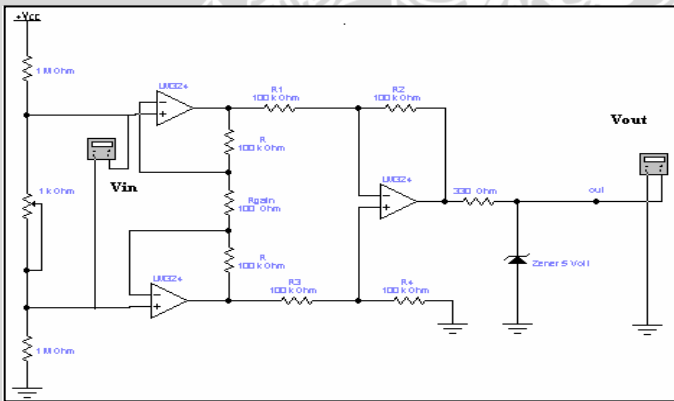
3.5 Pengujian Alat

Gambar 3.14 Flow Chart Software Delphi dengan Pengambil Data Secara Langsung

Perancangan dan pembuatan data *logger* laju fluida dapat dikatakan bekerja dengan baik apabila memberikan hasil yang akurat serta sesuai dengan tujuan perancangannya. Tahap perancangan dan pembuatan alat telah dilakukan maka tahap selanjutnya adalah pengujian tiap-tiap blok rangkaian dan pengujian keseluruhan alat.

3.5.1 Pengujian Rangkaian Penguat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja rangkaian op-amp sebagai penguat tegangan. Pengujian yang akan diukur adalah tegangan yang berasal dari rangkaian pembagi tegangan dengan masukkan kelipatan 0,1mV dalam skala 0-2mV dengan sebuah potensiometer yang dikonfigurasi sebagai pembagi tegangan diferensial. Keluaran dari pembagi tegangan dan penguat masing-masing diukur menggunakan voltmeter digital. Rangkaian pengujian penguat tegangan seperti gambar 3.15.

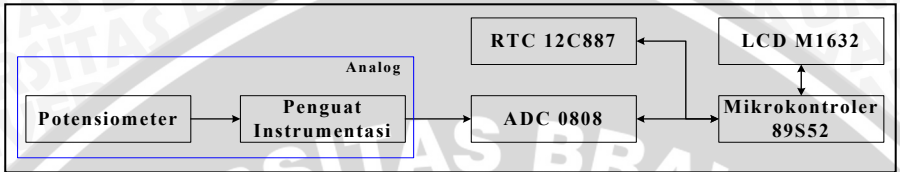


Gambar 3.15 Rangkaian Pengujian Penguat Instrumentasi

3.5.2 Pengujian Rangkaian Alat Keseluruhan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja keseluruhan alat data *logger* laju fluida yang telah dibuat dengan menggunakan potensiometer sebagai masukan dari penguat instrumentasi. Hasil dari penguatan instrumentasi (analog) diubah oleh ADC 0808 menjadi digital (biner) sehingga dapat diproses oleh mikrokontroler

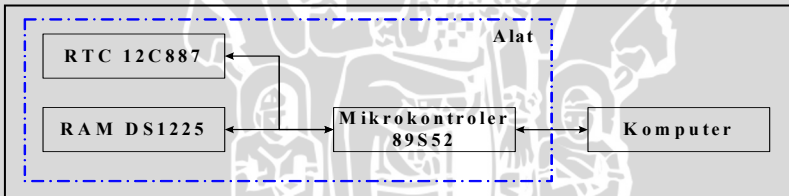
89S52. Hasil proses yang dilakukan oleh mikrokontroler ditampilkan di LCD M1632 berupa hasil dari penguatan dan waktu sampling (detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, tahun) yang didapat dari RTC 12C887.



Gambar 3.16 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Alat Keseluruhan

3.5.3 Pengujian Komunikasi Antara Mikrokontroler dengan Komputer

Pengujian komunikasi bertujuan untuk memastikan bahwa data yang tersimpan pada RAM DS1225 valid dan juga data yang di-*download* valid. Pengujian dilakukan dengan cara memprogram mikrokontroler agar data hasil fluida bernilai urut dari 0-255 (digital) terus berulang hingga RAM penuh, setelah itu di-*download* di komputer agar dapat dilihat hasilnya.



Gambar 3.17 Blok Diagram Pengujian Komunikasi Antara Mikrokontroler dengan Komputer

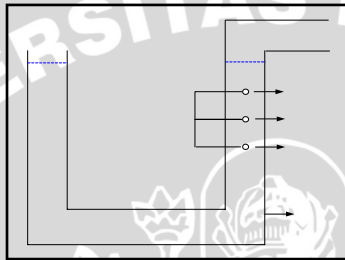
3.6 Pengujian Laju Fluida dengan Metode Pulsa Panas

Pengujian laju fluida bertujuan untuk mengetahui validnya perhitungan laju fluida menggunakan metode pulsa panas dan untuk mengetahui pengaruh aliran panas terhadap laju fluida.

3.6.1 Pengujian Aliran Panas Konduksi

Pengujian aliran panas konduksi bertujuan untuk mengetahui bahwa panas yang terbawa secara konduksi besarnya sama pada

jarak yang sama disegala arah. Pengujian dilakukan menggunakan selang dengan diameter $\frac{1}{4}$ inchi (0,635 cm). Selang dibentuk menyerupai U dan diisi air hingga menyetuh sensor1 (gambar 3.18). Pengambilan data dilakukan menggunakan alat data *logger* laju fluida yang dihubungkan langsung ke komputer sebagai penampil data. Waktu sampling diatur setiap 1detik dan pemanas dinyalakan setiap 5 menit selama 8detik. Data diambil selama 5 x 5 menit agar didapatkan hasil yang valid.



Gambar 3.18 Selang Untuk Uji Aliran Panas Konduksi

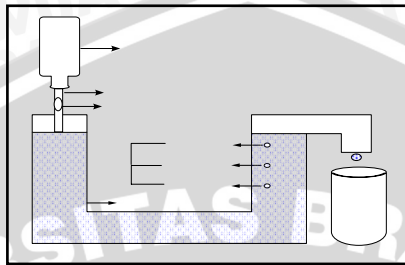
3.6.2 Pengujian Laju Fluida

Pengujian laju fluida dimaksudkan untuk mengetahui keakuratan hasil laju fluida dari alat data *logger* laju fluida, caranya hasil laju fluida yang didapat dari alat data *logger* laju fluida dibandingkan dengan hasil laju fluida yang didapat melalui perhitungan secara teori. Pengujian dilakukan menggunakan selang dengan diameter $\frac{1}{4}$ inchi (0,635 cm). Selang dibentuk menyerupai U dan dihubungkan dengan botol infus. Selang diisi air hingga tumpah dengan kecepatan konstan, caranya atur katup infus (gambar 3.19). Air yang tumpah ditampung untuk mengetahui volumenya dan hitung waktunya sampai volume air yang dikehendaki, agar didapatkan debit aliran. Debit aliran yang didapat merupakan data perhitungan secara teori sehingga laju fluida dapat diketahui sesuai dengan persamaan 3.6 dan persamaan 3.8.

1 cm
1 cm

Pengambilan data alat dilakukan setiap detik selama 5 menit dengan pemanasan 8 detik Perlakuan di ulang 10 x 5 menit setiap satu kecepatan, yang diukur 5 variasi kecepatan agar hasil yang didapat lebih akurat dan dapat dibandingkan satu dengan yang lainnya. Alat dihubungkan langsung ke komputer agar hasil dapat

terlihat. Hasil yang didapat diolah sesuai dengan penjelasan pada bab 2.1, bab 2.2 dan bab2.3.



Gambar 3.19 Selang Untuk Uji Laju fluida

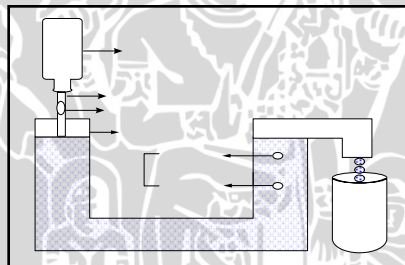
Botol

3.6.3 Validasi Data

Validasi data bertujuan untuk dapat menjelaskan pengaruh aliran panas konveksi dan konduksi pada laju fluida. Pengujian validasi data dilakukan sama seperti pengujian laju fluida tetapi sensor2 dipasang berdampingan dengan pemanas (gambar 3.20). Pengujian validasi data diulang 5x agar didapatkan data yang valid.

Selang i
katub

1 cm



Selang

Gambar 3.20 Selang Untuk Uji Validasi data

3.7 Analisa Data Hasil Laju Fluida

Pengujian dilakukan berulang sehingga hasil yang didapat merupakan nilai rata-rata dari data yang didapat.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{dimana} \quad \begin{matrix} \bar{x} = \text{nilai rata-rata} \\ x_i = \text{data ke } i \end{matrix} \quad (3.1)$$

$$x = \bar{x} \pm \Delta x \quad n = \text{banyaknya data} \quad (3.2)$$

$$\Delta x = s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (3.3)$$

Botol

Data yang didapat dari pengujian laju fluida secara teori dilakukan satu kali sehingga nilai ketidaktastiannya :

$$d = (0,64 \pm 0,02) \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{1}{4}(\pi d^2) = \frac{1}{4}(\pi(0,64)^2) = 0,316 \quad (3.4)$$

$$\frac{\Delta A}{A} = 2 \frac{\Delta d}{d} = 2 \frac{0,02}{0,635} \times 100 \% = 6 \% \quad (3.5)$$

$$A = 6\% \times 0,317 = 0,02$$

$$A = (0,32 \pm 0,02) \text{ cm}$$

$$Q = \frac{Vol}{t} \quad (3.6)$$

dimana : Q = Debit Air (m³/s)

V = Volume Air (m³)

t = Waktu (detik)

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta Vol}{Vol} + \frac{\Delta t}{t} \quad (3.7)$$

$$Q = Q \pm \Delta Q$$

$$v = \frac{Q}{A} \quad (3.8)$$

dimana : v = Kecepatan Aliran Air (m/s)

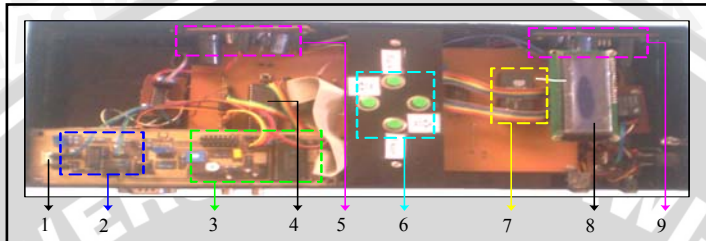
A = Luas Penampang (m²)

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta Q}{Q} + \frac{\Delta A}{A} \quad (3.9)$$

$$v = v \pm \Delta v \quad (\text{Djonoputro, B. D., 1984})$$

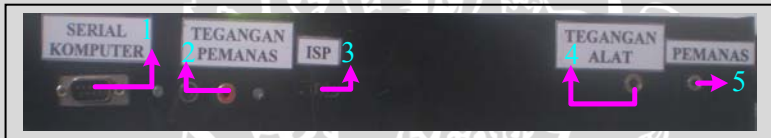
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Alat Data *Logger* Laju Fluida



- | | |
|--------------------------|---------------------|
| 5. Sensor Termokopel | 1. Tombol |
| 6. Penguat Instrumentasi | 2. RAM DS1225 |
| 7. ADC 0808 | 3. LCD M1632 |
| 8. Mikrokontroler 89S52 | 4. Tegangan Positif |
| 9. Tegangan Negatif | |

Gambar 4.1 Foto Alat Data *Logger* Laju Fluida Tampak Atas



- | | | |
|--------------------|---------------------|-------------------|
| 1. Serial Komputer | 2. Tegangan Pemanas | 3. ISP Programmer |
| 4. Tegangan Alat | 5. Pemanas | |

Gambar 4.2 Foto Alat Data *Logger* Laju Fluida Tampak Depan

Cara kerja alat data *logger* fluida :

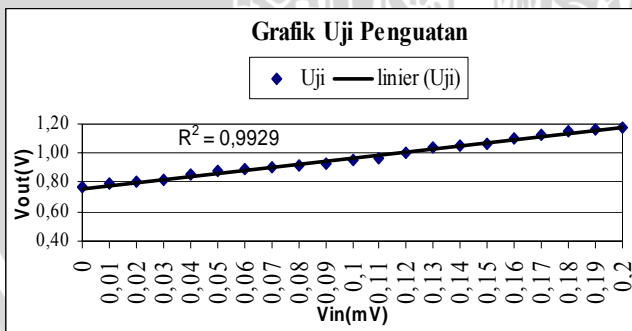
- o Beri tegangan 5V ke *jack socket* tegangan alat
- o Rangkaian pemanas dihubungkan ke *jack socket* pemanas
- o Beri tegangan untuk pemanas ke *jack socket* tegangan pemanas
- o Atur waktu sampling pengambilan data, atur waktu lamanya pemanas menyala dan atur waktu kapan pemanas mulai dinyalakan
- o Atur penyimpanan data, data disimpan di RAM atau langsung disimpan di komputer
- o Data yang tersimpan di RAM di-*download* ke komputer jika data disimpan di RAM
- o Komputer akan menampilkan data dan grafik yang didapat
- o Hasil akhir (laju fluida) dihitung dan ditampilkan oleh komputer

4.2. Hasil Pengujian Rangkaian Penguat Instrumentasi

Penguat instrumentasi merupakan penguat *differensial* yang dioptimalkan untuk impedansi input tinggi. Sinyal output dari sensor diinputkan ke *buffer*, kemudian diinputkan ke penguat tegangan. Pengujian rangkaian penguat instrumentasi dilakukan dengan menghubungkan V_{cc} pada catu daya 5 V (gambar 3.15). Penguatan yang dihasilkan 2001 kali (persamaan 3.1).

Hasil pengujian penguat instrumentasi dapat dilihat pada lampiran 2 tabel B.1, terdiri dari perhitungan manual berdasarkan rumusan 2.10 dan hasil uji dari pembacaan multimeter. Hasil uji penguatan terdapat nilai *offset* 0,77V. Nilai *offset* adalah nilai keluaran dari op-amp yang terbaca pada saat masukan op-amp 0V keluarannya bukan 0V. *Offset* pada penelitian ini tidak dihilangkan, karena sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi panas tersusun *differensial* sehingga keluaran dari penguat untuk mendeteksi panas berkisar 0,73V–0,85V (tidak terdapat nilai negatif). Perubahan panas yang terdeteksi berkisar 0,05°C–0,1°C yang artinya sekitar 0,04V–0,08V.

Data dalam lampiran 2 tabel B.1 akan lebih mudah dilihat apabila data-datanya diplotkan dalam sebuah grafik. Grafik uji penguatan dapat dilihat pada gambar 4.3. Hubungan besar tegangan masukan terhadap tegangan keluaran cukup linier dengan korelasi grafik sebesar 0,9929. Hasil uji penguatan instrumentasi berdasarkan nilai korelasinya dapat disimpulkan bahwa op-amp yang digunakan dapat bekerja secara linier, artinya op-amp dapat bekerja dengan baik.



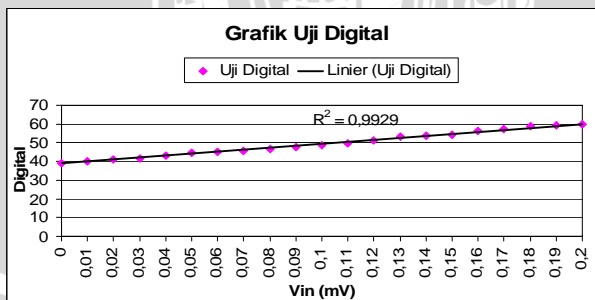
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Tegangan Masukan terhadap Tegangan Keluaran

4.3. Hasil Pengujian Rangkaian Alat Keseluruhan

Data hasil uji rangkaian alat keseluruhan dapat dilihat pada tabel B.2 lampiran 2 . Tabel B.2 terdiri dari input adalah tegangan masukan berupa potensiometer, digital adalah nilai yang tampil pada LCD berupa angka desimal, output multimeter adalah nilai yang tampil pada multimeter berupa nilai tegangan keluaran dari penguat instrumentasi dan output LCD adalah nilai yang tampil pada LCD berupa nilai tegangan dalam Volt

Grafik hubungan antara tegangan masukan penguat instrumentasi dengan nilai desimal yang tampil di LCD ditunjukkan pada gambar 4.4. Nilai digital pada grafik adalah hasil dari tampilan LCD dalam bentuk desimal dan V_{in} adalah tegangan masukan dari penguat instrumentasi.

Hubungan nilai digital yang tampil di LCD dengan tegangan masukan sangat linier dengan nilai korelasi sebesar 0,9929. Nilai korelasi 0,9929 menunjukkan bahwa sangat kecil *error* dari hasil pengujian rangkaian alat keseluruhan. Nilai korelasi 0,9929 juga menunjukkan bahwa ADC0808 dapat bekerja dengan baik. ADC0808 memiliki resolusi 8 bit yang berarti ADC masih mampu membedakan tegangan hingga ketelitian 0,02V atau 20 mV untuk tegangan referensi sebesar 5V. Penelitian ini membutuhkan ketelitian 0,008V untuk setiap kenaikan 0,01°C (minimum yang diukur 0,05°C (0,04Volt)) sehingga dapat disimpulkan ADC0808 dapat digunakan karena ketelitiannya masih dapat terdeteksi. Ketelitian dapat diperbesar dengan cara menurunkan nilai tegangan referensi menjadi 2,5Volt sehingga ketelitiannya bernilai 0,0098 V tetapi dalam penelitian ini tidak efektif karena *noise* pada sensor akan semakin besar pula.

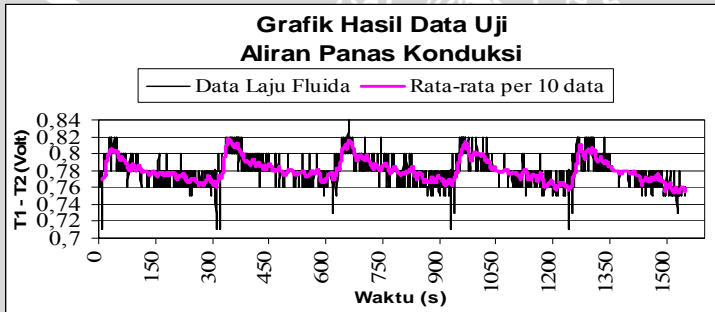


Gambar 4.4 Grafik Hubungan Tegangan Masukan terhadap Digital

4.4. Hasil Pengujian Komunikasi Antara Mikrokontroler dengan Komputer

Data hasil uji komunikasi antara mikrokontroler dengan komputer dapat dilihat pada tabel A.3 lampiran 2. Hasil yang didapat sesuai dengan yang diprogram oleh mikrokontroler yaitu nilai awal RTC di-*setting* menit=00, jam=00, hari=Minggu, tanggal=01, bulan=01,tahun=01 dan nilai hasil suhu dibuat urut dari 1-255 berulang sampai RAM penuh. Disimpulkan dari hasil uji komunikasi antara mikrokontroler dengan komputer bahwa RAM DS1225 dapat menyimpan data dengan valid, timer RTC DS12C887 dapat bekerja dengan baik dan komunikasi antara mikrokontroler dengan komputer bekerja dengan baik tanpa ada data yang hilang.

4.5. Hasil Pengujian Aliran Panas Konduksi

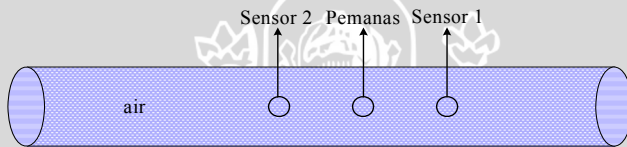


Gambar 4.5 Grafik Hasil Uji Aliran Panas Konduksi

Grafik hasil uji aliran panas konduksi (gambar 4.5) menjelaskan bahwa aliran panas terbawa oleh aliran fluida (konveksi) dari pemanas menuju sensor1 akibat adanya perpindahan massa jenis, dimana massa jenis yang paling ringan akan berusaha menempati tempat yang paling atas. Kenaikan nilai tegangan mulai terlihat sekitar waktu ke-40 detik, dapat dinyatakan bahwa mulai terjadi perubahan suhu pada fluida. Semakin tinggi suhu fluida semakin besar muai volumenya dan semakin kecil masa jenisnya, hal ini yang menyebabkan terjadi kenaikan nilai tegangan pada data hasil yang didapat. Panas yang diberikan berupa pulsa panas sehingga mengakibatkan kenaikan suhu pada fluida beberapa saat dan setelah itu fluida akan kembali ke suhu semula akibat kesetimbangan sistem. Kesetimbangan sistem mengakibatkan penurunan nilai tegangan.

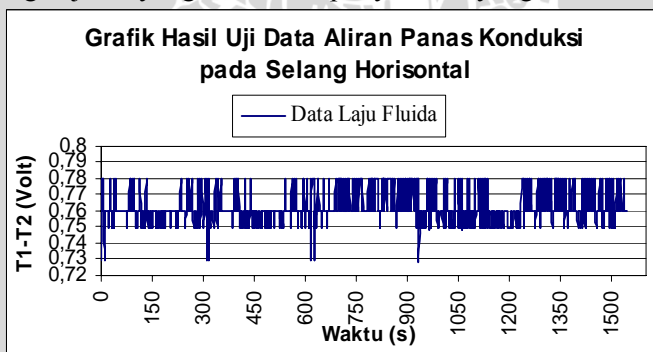
Disimpulkan bahwa pengujian ini tidak dapat membuktikan bahwa aliran panas konduksi disemua titik yang jaraknya sama mempunyai nilai yang sama besar, dikarenakan efek dari perpindahan massa jenis dimana massa jenis yang paling ringan berada paling atas yang menyebabkan panas terbawa oleh aliran fluida secara konveksi. Disimpulkan juga bahwa pengujian ini menghasilkan grafik yang hampir sama satu dengan yang lainnya sehingga dapat dikatakan bahwa alat data logger yang dihasilkan akurat.

Pembuktian aliran panas konduksi seharusnya selang dipasang secara horisontal (gambar 4.6) agar efek dari gravitasi kecil sehingga didapatkan hasil aliran panas konduksi dengan efek panas konveksi yang kecil.



Gambar 4.6 Selang Horizontal Untuk Uji Aliran Panas Konduksi

Hasil dari pengujian aliran panas konduksi secara horisontal dapat dilihat pada gambar 4.7. Hasil dari $T_1 - T_2$ berkisar 0,75V–0,78V yang merupakan nilai *offset*, artinya T_1 dan T_2 mendekteksi suhu yang sama. Disimpulkan bahwa aliran panas konduksi disemua titik dengan jarak yang sama mempunyai nilai yang sama besar.



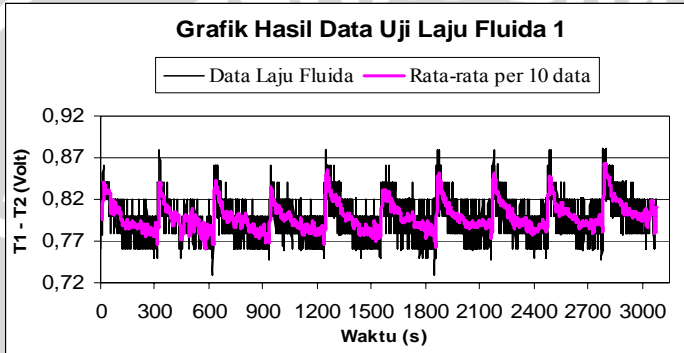
Gambar 4.7 Grafik Hasil Uji Aliran Panas Konduksi pada selang Horizontal

4.6. Hasil Pengujian Laju Fluida

Data dan grafik hasil laju fluida dapat dilihat pada lampiran 3. Hasil perbandingan laju fluida secara teori dan pengujian :

Tabel 4.1. Laju Fluida 1 Secara Teori

Volume (cm ³)	Waktu (detik)	Debit (cm ³ /s)	Luas (cm ²)	Kecepatan (cm/s)
45,0±0,500	1379±0,5000	0,0326±0,0004	0,32±0,02	0,101±0,008



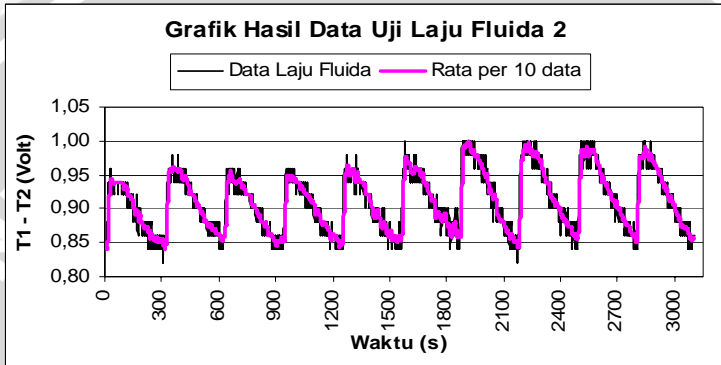
Gambar 4.8 Grafik Laju Fluida 1

Tabel 4.2. Hasil Uji Laju Fluida 1

t (s)	s (cm)	v (cm/s)
15	1	0,143
20	1	0,091
15	1	0,167
19	1	0,100
19	1	0,100
21	1	0,083
21	1	0,083
21	1	0,083
22	1	0,077
15	1	0,167
\bar{v}		0,109
Δv		0,011
v		0,109±0,011

Tabel 4.3. Laju Fluida 2 Secara Teori

Volume (cm ³)	Waktu (detik)	Debit (cm ³ /s)	Luas (cm ²)	Kecepatan (cm/s)
10,0±0,500	2402±0,5000	0,0042±0,0002	0,32±0,02	0,013±0,001



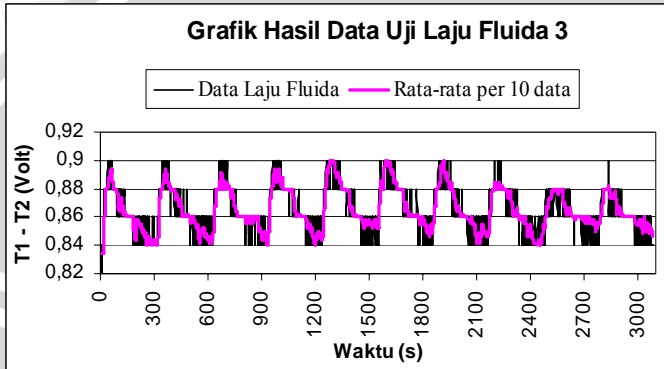
Gambar 4.9 Grafik Laju Fluida 2

Tabel 4.4. Hasil Uji Laju Fluida 2

t (s)	s (cm)	v (cm/s)
92	1	0,012
79	1	0,015
89	1	0,013
82	1	0,014
86	1	0,013
89	1	0,013
85	1	0,014
100	1	0,011
93	1	0,012
84	1	0,014
\bar{v}		0,0131
Δv		0,0003
kr		0,0131±0,0003

Tabel 4.5. Laju Fluida 3 Secara Teori

Volume (cm^3)	Waktu (detik)	Debit (cm^3/s)	Luas (cm^2)	Kecepatan (cm/s)
22,0±0,500	2700±0,5000	0,0081±0,0002	0,32±0,02	0,025±0,002



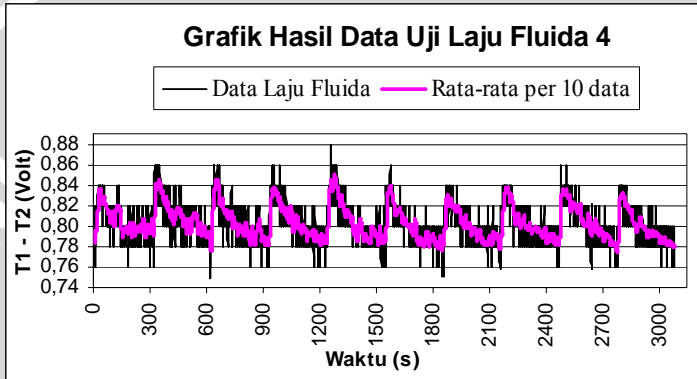
Gambar 4.10 Grafik Laju Fluida 3

Tabel 4.6. Hasil Uji Laju Fluida 3

t (s)	s (cm)	v (cm/s)
49	1	0,025
47	1	0,026
50	1	0,024
52	1	0,023
45	1	0,028
45	1	0,028
55	1	0,022
47	1	0,026
55	1	0,022
40	1	0,032
\bar{v}		0,023
Δv		0,001
kr		0,023±0,001

Tabel 4.7. Laju Fluida 4 Secara Teori

Volume (cm ³)	Waktu (detik)	Debit (cm ³ /s)	Luas (cm ²)	Kecepatan (cm/s)
40,0±0,500	3000±0,5000	0,0133±0,0002	0,32±0,02	0,041±0,003



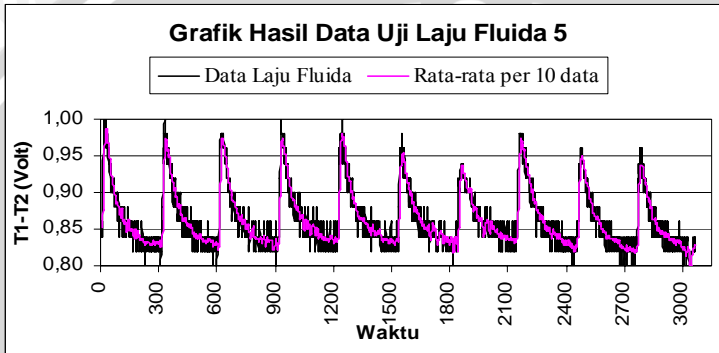
Gambar 4.11 Grafik Laju Fluida 4

Tabel 4.8. Hasil Uji Laju Fluida 4

t (s)	s (cm)	v (cm/s)
36	1	0,037
32	1	0,043
34	1	0,040
34	1	0,040
29	1	0,050
35	1	0,038
25	1	0,063
36	1	0,037
43	1	0,029
30	1	0,048
\bar{v}		0,043
Δv		0,003
kr		0,043±0,003

Tabel 4.9. Laju Fluida 5 Secara Teori

Volume (cm^3)	Waktu (detik)	Debit (cm^3/s)	Luas (cm^2)	Kecepatan (cm/s)
33,0±0,500	2700±0,5000	0,0122±0,0002	0,32±0,02	0,038±0,003

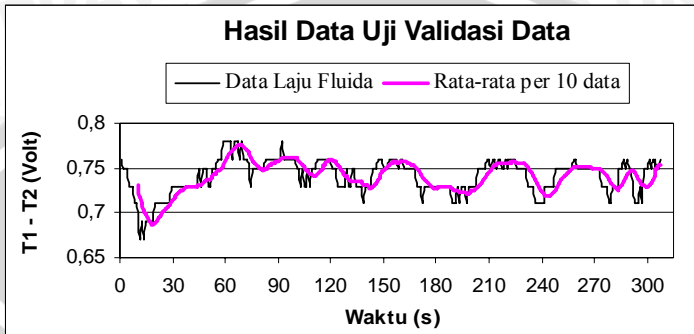


Gambar 4.12 Grafik Laju Fluida 5

Tabel 4.10. Hasil Uji Laju Fluida 5

t (s)	s (cm)	v (cm/s)
28	1	0,050
30	1	0,048
29	1	0,050
25	1	0,063
31	1	0,045
28	1	0,053
36	1	0,037
31	1	0,045
33	1	0,042
34	1	0,040
\bar{v}		0,039
Δv		0,005
kr		0,039±0,005

4.7. Hasil Pengujian Validasi Data



Gambar 4.13 Grafik Uji Validasi Data

Disimpulkan bahwa uji laju validasi data dapat membuktikan bahwa panas terbawa oleh laju fluida (konveksi) terlihat pada gambar 4.13. Terjadi penurunan tegangan keluaran dari selisih sensor1 dan sensor 2 diawal pengambilan data karena pemberian panas pada laju fluida yang menyebabkan suhu fluida di sensor 2 lebih tinggi dari sensor 1. Panas yang diberikan berupa pulsa dan dibawa oleh fluida ke sensor 1 sehingga suhu di sensor 1 lebih tinggi dari sensor 2. Suhu di sensor 1 lebih tinggi dari suhu sensor 2 maka tegangan keluaran sensor akan meningkat.

4.8. Pembahasan

Pengukuran pengujian laju fluida dilakukan dengan metode pulsa panas. Penelitian didasarkan pada pulsa panas yang terbawa oleh aliran fluida sehingga menyentuh bagian sensor 1 yang kemudian akan terdeteksi adanya perubahan suhu yang menyebabkan perubahan pada tegangan keluaran dari penguat instrumentasi. Sensor1 dihubungkan dengan input *non-inverting* Op-Amp maka tegangan keluaran dari penguat instrumentasi akan berubah naik apabila sensor 1 mendekteksi suhu yang lebih tinggi dari sensor2. Sebaliknya apabila sensor 1 dihubungkan dengan input *inverting* Op-Amp maka tegangan akan berubah turun apabila sensor 1 mendekteksi suhu yang lebih tinggi dari sensor2. Penelitian ini menghubungkan sensor1 dengan input *non-inverting* Op-Amp

LMC6284. Panas yang terdeteksi pada sensor1 dan sensor2 didifferensialkan menggunakan penguat instrumentasi.

Kecepatan pulsa panas merupakan laju fluida karena panas yang terdeteksi adalah panas pada aliran fluida (aliran konveksi). Panas konduksi untuk ke segala arah sama sehingga pada sensor 1 dan sensor 2 terdeteksi sama dan saling menghilangkan karena kedua sensor terhubung secara differensial (bab 4.5). Perhitungan dalam penelitian ini dilakukan menggunakan *software* Delphi, dengan cara menandakan akhir pemberian panas sebagai suhu awal, panas maksimum sebagai titik balik dan suhu akhir. Suhu akhir didapatkan dengan cara setelah nilai maksimum dan nilai-nilai berikutnya sampai habis data dikurangkan dengan suhu awal, dicari dinilai pengurangan absolutnya yang terkecil pada pertama kali. Suhu awal dan suhu maksimum didapat secara otomatis, akan didapatkan pula waktu awal dan waktu maksimum karena sistem data logger yang digunakan menyimpan waktu sehingga didapatkan laju fluida.

$$v = \frac{s}{T_{maks} - T_{awal}} \quad (4.1)$$

dimana, v adalah laju aliran fluida,

s , adalah jarak dari pemanas ke sensor1 = jarak dari pemanas ke sensor 2,

T_{maks} adalah waktu dari suhu maksimum,

T_{awal} adalah waktu dari suhu akhir pemberian panas

Pengujian laju fluida dengan metode pulsa panas dilakukan sebanyak 5 kali setiap perlakuan di ulang 10 kali (bab 4.6). Perbandingan antara kecepatan aliran air secara teori dengan menggunakan prinsip debit air memiliki nilai yang hampir sama dengan nilai kecepatan yang dihitung dengan menggunakan metode kompensasi pulsa panas. Perbedaan nilai laju fluida antara hasil pengujian dengan hasil perhitungan secara teori berkisar antara (0,01–0,08) cm²/s, dapat dinyatakan bahwa perbedaannya kecil dan persisi karena nilai laju yang didapat berdasarkan pengujian masih dalam kisaran ketelitian dari nilai laju hasil perhitungan secara teori. Perbedaan nilai laju secara teori dengan nilai laju secara pengujian terjadi karena adanya *noise* yang menyebabkan perhitungan tidak valid. Perhitungan dari hasil pengujian tidak dapat dihitung

menggunakan *software* di karenakan sulitnya menentukan suhu maksimum akibat *noise*. Penentuan suhu maksimum sulit ditentukan karena nilai maksimum yang dihasilkan tidak hanya satu melainkan lebih dari satu. Perhitungan pengujian laju fluida pada penelitian ini dilakukan dengan cara analisa grafik, dimana waktu tempuh laju fluida adalah dari akhir pemberian panas sampai titik balik maksimum dan jarak tempuh laju fluida adalah dari pemanas ke sensor. Besar laju fluida berdasarkan pengujian dihitung sesuai persamaan 4.1. Hasil laju fluida yang didapat berdasarkan pengujian mempunyai ketelitian (didapat dari persamaan 3.3) yang sangat kecil yaitu : 0,011; 0,0003; 0,001; 0,003 dan 0,005.

Pola grafik yang terbentuk dari pengujian laju fluida hampir sama dengan pola grafik teori. Perbedaan yang terjadi kemungkinan dikarenakan panas yang diberikan pada fluida dalam penelitian ini bukan berupa pulsa panas ideal. Waktu yang dibutuhkan pemanas untuk dapat meningkatkan suhu sebesar $0,05^{\circ}\text{C}$ adalah sekitar 8 detik. Pemanas dibuat dari lilitan nikelin yang nilai hambatannya sebesar 6Ω , dihubungkan dengan tegangan 5V yang maksimum arus listriknya 1A. Arus maksimum tidak dapat tercapai karena hambatannya kurang kecil, tapi bila hambatan diperkecil lagi maka akan menyebabkan tegangan menjadi turun secara drastis sehingga sistem data logger tidak dapat berfungsi dengan baik akibat level tegangannya bukan lagi 5V dan juga mengakibatkan berkurangnya arus listrik pada OpAmp penguatan instrumentasi yang akibatnya data tidak valid. Pemanas yang dapat membuat pulsa panas adalah pemanas yang 1 detiknya dapat menaikkan suhu minimum $0,05^{\circ}\text{C}$, dapat di buat dengan cara menaikkan tegangan dan memperbesar arus listrik dan juga memperkecil nilai hambatan. Panas yang dialirkan pada fluida dalam penelitian ini membutuhkan waktu sekitar 8 detik untuk menaikkan suhu dan membutuhkan waktu sekitar 10 detik untuk kembali ke kondisi semula. Laju fluida dapat dihitung dengan akurat jika waktu tempuhnya lebih lama dari waktu yang dibutuhkan pemanas kembali ke kondisi semula.

Hasil dari pola grafik dapat disimpulkan bahwa pengukuran laju fluida dapat diukur dengan metode kompensasi pulsa panas. Hasil

dari grafik pengujian laju fluida setiap 1x pemanasan pola yang terbentuk sama (dapat dilihat pada lamiran 2), dan juga terlihat pada nilai Δv yang kecil didapat dari perhitungan deviasi .Deviasi yang kecil dan ketidakpastian relatif yang kecil maka semakin tepat pengukuran. Kesimpulan hasil grafik yang didapat bahwa sistem presisi.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan beberapa kegiatan baik itu meliputi perancangan alat, pembuatan alat, pengujian alat maupun pengambilan data, maka dapat disimpulkan bahwa :

- Alat data logger laju fluida yang dibuat dapat digunakan untuk mengukur laju fluida menggunakan metode pulsa panas dengan nilai deviasi 0,011, 0,0003, 0,001, 0,003 dan 0,005.
- Alat data logger laju fluida yang dibuat dapat dikatakan akurat terlihat dari grafik hasil berbagai pengujian laju fluida dengan pola grafik yang sama satu dengan yang lainnya.

Saran

- Agar didapatkan jumlah data yang lebih banyak diperlukan penambahan kapasitas memori penyimpanan data.
- Agar lebih mudah dalam pengiriman data, dapat digunakan pengiriman data jarak jauh menggunakan telemetri radio.
- Agar perhitungan lebih akurat, noise diperkecil dengan cara di filter secara digital maupun analog.
- *Clock* ADC sebaiknya setengah dari waktu sampling terkecil dan pemanas dibuat sedemikian rupa hingga panas yang dihasilkan cepat panas dan cepat dingin.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1995. **SAPFLOW SENSOR HEAT PULSE THEORY & TECHNIQUE. GREENSPAN TECHNOLOGY.** Australia
- Anonymous. 1997. **CD74HC373, CD74HCT373, CD54HC573, CD74HC573, CD74HCT573 High Speed CMOS Logic Octal Transparent Latch, Three-State Output.** HARRIS SEMICONDUCTOR
- Anonymous. 1999. **ADC0808/ADC0809 8-Bit μ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer.** National Semiconductor
- Anonymous. 2000. **DS12C887 Real Time Clock.** DALLAS SEMICONDUCTOR
- Anonymous. 2003. **8-bit Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash AT89S52.** ATMEL
- Anonymous. 2006. **DS1225AB/AD 64k Nonvolatile SRAM.** DALLAS SEMICONDUCTOR MAXIM
- Anonymous. <http://www.answers.com/thermocouple>
- Anonymous. <http://www.dikmenum.go.id/e-learning>
- Budiharto, Widodo .2004. **Interfcing Komputer dan Mikrokontroler.** PT. Elex Media Komputindo. Jakarta
- Budiharto, Widodo dan Firmansyah, Sigit. 2005. **Elektronika Digital dan Mikroprosesor.** ANDI . Yogyakarta
- Budiharto,Widodo dan Rizal,Gamayel. 2007. **Belajar Sendiri: 12 Proyek Mikrokontroler Untuk Pemula.** PT Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Coughlin, Robert F. dan F. F. Driscoll. 1983. **Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear** Edisi kedua. Erlangga. Jakarta
- Cooper, William D. 1999. **Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran** Edisi kedua. Erlangga. Jakarta.

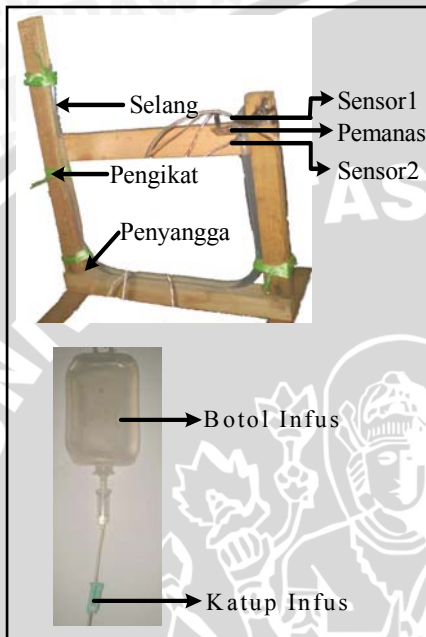
- Djonoputro, B. Darmawan. 1984. **Teori Ketidakpastian**. ITB. Bandung
- Giancoli, Douglas C. 2001. **Fisika**, Jilid I, Edisi kelima. Erlangga. Jakarta.
- Halliday, D. dan Resnick, R. 1997. **Fisika**, Jilid I. Erlangga. Jakarta
- Kartini, Nur Sari. 2006. **Perancangan dan Pembuatan Pembangkit Pulsa Panas dan Pengukur Suhu untuk Mengukur Kecepatan Aliran Air pada Tumbuhan "Ceres"**. Universitas Brawijaya. Malang
- McJannet, David dan Fitch, Peter. 2004. **A flexible and easily constructed heat pulse system for monitoring sapflow in trees**. *CSIRO Land and Water Technical Report No. 39/04*. Australia
- Nurnaini. 2006. **Perancangan dan Pembuatan Pembangkit Pulsa Panas dan Pengukur Suhu untuk Mengukur Kecepatan Aliran Cairan Bahan Makanan pada Tumbuhan dengan Diameter Batang 1 Sampai 6 cm (Studi Kasus :Ketela Pohon)**. Universitas Brawijaya. Malang.
- Ren, T., Kluitenberg, G. J., dan Horton, R. 2000. **Determining Soil Water Flux and Pore Water Velocity by a Heat Pulse Technique**. *SOIL SCI. SOC. AM. J., VOL. 64*.
- Ritchie, J., 2004. **Comparison Of Data Loggers**. Maine State Museum.
- Setiawan, Rachmad. 2008. **TEKNIK AKUISISI DATA**. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Sutadi,Dwi.2002. **I/O Bus Dan Motherboard**. Andi. Yogyakarta
- Swanson, R. H. dan Whitfield, D. W. A. 1981. **A numerical analysis of heat pulse velocity theory and practice**. *Journal of Experimental Botany.*, vol. 32, pp. 221-239
- Tipler, P.A. 1991. **Fisika Untuk Sains dan Teknik**. Erlangga. Jakarta

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN - LAMPIRAN



LAMPIRAN A : GAMBAR ALAT PENGUJIAN LAJU FLUIDA



Gambar A.1 a) Alat Uji Laju Fluida
b) Botol infus



Gambar A.2 Alat Keseluruhan

LAMPIRAN B : DATA HASIL PENGUJIAN ALAT

Tabel B.1. Data Hasil Pengujian Penguat Instrumentasi

Vin (mV)	Vout Teori (V)	Vout Uji (V)
0	0,77	0,77
0,01	0,79	0,79
0,02	0,81	0,81
0,03	0,83	0,82
0,04	0,85	0,85
0,05	0,87	0,88
0,06	0,89	0,89
0,07	0,91	0,90
0,08	0,93	0,92
0,09	0,95	0,93
0,1	0,97	0,95
0,11	0,99	0,97
0,12	1,01	1,00
0,13	1,03	1,04
0,14	1,05	1,05
0,15	1,07	1,06
0,16	1,09	1,10
0,17	1,11	1,12
0,18	1,13	1,15
0,19	1,15	1,16
0,2	1,17	1,17

Tabel B.2 Data Hasil Pengujian Rangkaian Alat Keseluruhan

Input (mV)	Digital	Output Multimeter (V)	Output LCD (V)
0	39	0,77	0,77
0,01	40	0,79	0,79
0,02	41	0,81	0,81
0,03	42	0,82	0,83
0,04	43	0,85	0,85
0,05	45	0,88	0,87
0,06	45	0,89	0,89
0,07	46	0,90	0,91
0,08	47	0,92	0,93
0,09	47	0,93	0,95
0,10	48	0,95	0,97
0,11	49	0,97	0,99
0,12	51	1,00	1,01
0,13	53	1,04	1,03
0,14	54	1,05	1,05
0,15	54	1,06	1,07
0,16	56	1,10	1,09
0,17	57	1,12	1,11
0,18	59	1,15	1,13
0,19	59	1,16	1,15
0,20	60	1,17	1,17

Tabel B.3 Data Hasil Pengujian Komunikasi Antara Mikrokontroler dengan Komputer

Tanda	No	Waktu	Hari	Tanggal	Suhu	Digital
1	1	00:00:01	MINGGU	2001-01-01	0,02	1
0	2	00:00:02	MINGGU	2001-01-01	0,04	2
0	3	00:00:03	MINGGU	2001-01-01	0,06	3
0	4	00:00:04	MINGGU	2001-01-01	0,08	4
0	5	00:00:05	MINGGU	2001-01-01	0,10	5
0	6	00:00:06	MINGGU	2001-01-01	0,12	6
11	7	00:00:07	MINGGU	2001-01-01	0,14	7
0	8	00:00:08	MINGGU	2001-01-01	0,16	8
0	9	00:00:09	MINGGU	2001-01-01	0,18	9
0	10	00:00:10	MINGGU	2001-01-01	0,20	10
0	11	00:00:11	MINGGU	2001-01-01	0,21	11
0	12	00:00:12	MINGGU	2001-01-01	0,23	12
0	13	00:00:13	MINGGU	2001-01-01	0,25	13
0	14	00:00:14	MINGGU	2001-01-01	0,27	14
0	15	00:00:15	MINGGU	2001-01-01	0,29	15
0	16	00:00:16	MINGGU	2001-01-01	0,31	16
0	17	00:00:17	MINGGU	2001-01-01	0,33	17
0	18	00:00:18	MINGGU	2001-01-01	0,35	18
0	19	00:00:19	MINGGU	2001-01-01	0,37	19
0	20	00:00:20	MINGGU	2001-01-01	0,39	20
0	21	00:00:21	MINGGU	2001-01-01	0,41	21

LAMPIRAN C : DATA HASIL PENGUJIAN

Tabel C1 Data Hasil Pengujian Aliran Panas Konduksi

Waktu (s)	T1-T2 (Volt)	36	0,8	74	0,78	12	0,76
1	0,78	37	0,8	75	0,78	13	0,76
2	0,76	38	0,8	76	0,78	14	0,78
3	0,78	39	0,8	77	0,76	15	0,78
4	0,78	40	0,8	78	0,78	16	0,78
5	0,78	41	0,82	79	0,78	17	0,8
6	0,78	42	0,8	80	0,78	18	0,8
7	0,76	43	0,8	81	0,78	19	0,8
8	0,78	44	0,8	82	0,78	20	0,8
9	0,78	45	0,8	83	0,8	21	0,8
10	0,71	46	0,82	84	0,8	22	0,8
11	0,78	47	0,8	85	0,78	23	0,8
12	0,78	48	0,8	86	0,8	24	0,8
13	0,78	49	0,78	87	0,78	25	0,82
14	0,78	50	0,8	88	0,78	26	0,82
15	0,78	51	0,8	89	0,78	27	0,82
16	0,8	52	0,78	90	0,8	28	0,82
17	0,78	53	0,78	91	0,78	29	0,82
18	0,8	54	0,8	92	0,78	30	0,82
19	0,8	55	0,78	93	0,78	31	0,82
20	0,8	56	0,8	94	0,78	32	0,82
21	0,8	57	0,8	95	0,78	33	0,8
22	0,8	58	0,8	96	0,78	34	0,82
23	0,8	59	0,8	97	0,78	35	0,82
24	0,8	60	0,8	98	0,78	36	0,82
25	0,8	61	0,8	99	0,78	37	0,8
26	0,8	62	0,78	100	0,78	38	0,82
27	0,8	63	0,8	1	0,71	39	0,82
28	0,82	64	0,78	2	0,78	40	0,8
29	0,82	65	0,78	3	0,78	41	0,82
30	0,8	66	0,8	4	0,78	42	0,8
31	0,8	67	0,78	5	0,78	43	0,8
32	0,82	68	0,8	6	0,78	44	0,82
33	0,78	69	0,8	7	0,8	45	0,82
34	0,82	70	0,78	8	0,78	46	0,8
35	0,8	71	0,78	9	0,78	47	0,8
		72	0,78	10	0,78	48	0,8
		73	0,8	11	0,71	49	0,82

(Lanjutan Tabel C1)

50	0,82	88	0,78	26	0,8	64	0,8
51	0,82	89	0,78	27	0,8	65	0,8
52	0,8	90	0,78	28	0,82	66	0,8
53	0,8	91	0,8	29	0,8	67	0,8
54	0,82	92	0,8	30	0,8	68	0,8
55	0,8	93	0,8	31	0,8	69	0,8
56	0,82	94	0,78	32	0,82	70	0,8
57	0,82	95	0,8	33	0,8	71	0,78
58	0,8	96	0,8	34	0,8	72	0,8
59	0,82	97	0,8	35	0,82	73	0,8
60	0,8	98	0,78	36	0,82	74	0,78
61	0,78	99	0,78	37	0,82	75	0,8
62	0,8	100	0,8	38	0,82	76	0,8
63	0,8	1	0,73	39	0,8	77	0,8
64	0,82	2	0,78	40	0,84	78	0,78
65	0,8	3	0,8	41	0,82	79	0,8
66	0,8	4	0,8	42	0,8	80	0,8
67	0,8	5	0,78	43	0,8	81	0,78
68	0,8	6	0,78	44	0,82	82	0,8
69	0,78	7	0,78	45	0,8	83	0,78
70	0,82	8	0,78	46	0,8	84	0,8
71	0,78	9	0,8	47	0,82	85	0,82
72	0,78	10	0,78	48	0,82	86	0,8
73	0,8	11	0,75	49	0,8	87	0,8
74	0,78	12	0,78	50	0,82	88	0,8
75	0,8	13	0,8	51	0,8	89	0,8
76	0,78	14	0,78	52	0,8	90	0,78
77	0,8	15	0,78	53	0,8	91	0,78
78	0,8	16	0,78	54	0,8	92	0,78
79	0,78	17	0,8	55	0,78	93	0,78
80	0,8	18	0,8	56	0,8	94	0,8
81	0,8	19	0,8	57	0,8	95	0,8
82	0,78	20	0,8	58	0,78	96	0,8
83	0,78	21	0,8	59	0,8	97	0,78
84	0,78	22	0,8	60	0,8	98	0,78
85	0,8	23	0,82	61	0,78	99	0,78
86	0,78	24	0,82	62	0,8	100	0,78
87	0,8	25	0,82	63	0,78	1	0,71

(Lanjutan Tabel C1)

2	0,78	40	0,82	78	0,8	16	0,76
3	0,78	41	0,8	79	0,8	17	0,78
4	0,76	42	0,8	80	0,8	18	0,8
5	0,76	43	0,8	81	0,78	19	0,78
6	0,8	44	0,8	82	0,8	20	0,78
7	0,78	45	0,8	83	0,8	21	0,78
8	0,78	46	0,82	84	0,8	22	0,8
9	0,78	47	0,8	85	0,8	23	0,8
10	0,78	48	0,78	86	0,82	24	0,82
11	0,73	49	0,78	87	0,78	25	0,8
12	0,78	50	0,8	88	0,8	26	0,8
13	0,78	51	0,78	89	0,78	27	0,8
14	0,78	52	0,78	90	0,78	28	0,82
15	0,78	53	0,8	91	0,78	29	0,82
16	0,78	54	0,8	92	0,78	30	0,82
17	0,8	55	0,8	93	0,8	31	0,82
18	0,78	56	0,8	94	0,82	32	0,8
19	0,8	57	0,82	95	0,78	33	0,8
20	0,78	58	0,8	96	0,8	34	0,8
21	0,8	59	0,8	97	0,8	35	0,8
22	0,8	60	0,8	98	0,78	36	0,8
23	0,8	61	0,8	99	0,78	37	0,78
24	0,78	62	0,8	100	0,78	38	0,78
25	0,82	63	0,8	1	0,71	39	0,8
26	0,8	64	0,8	2	0,78	40	0,8
27	0,82	65	0,8	3	0,76	41	0,8
28	0,8	66	0,8	4	0,75	42	0,8
29	0,8	67	0,8	5	0,76	43	0,8
30	0,8	68	0,78	6	0,76	44	0,8
31	0,82	69	0,82	7	0,78	45	0,78
32	0,82	70	0,8	8	0,78	46	0,8
33	0,8	71	0,8	9	0,76	47	0,82
34	0,82	72	0,8	10	0,78	48	0,82
35	0,82	73	0,78	11	0,73	49	0,8
36	0,8	74	0,8	12	0,78	50	0,8
37	0,82	75	0,8	13	0,78	51	0,8
38	0,82	76	0,8	14	0,8	52	0,82
39	0,8	77	0,8	15	0,78	53	0,8

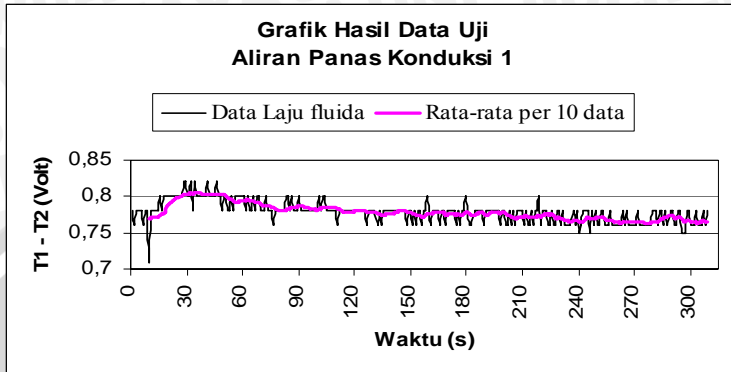
(Lanjutan Tabel C1)

54	0,8
55	0,8
56	0,78
57	0,82
58	0,8
59	0,8
60	0,8
61	0,8
62	0,8
63	0,82
64	0,82
65	0,8
66	0,82
67	0,78
68	0,8
69	0,8
70	0,82
71	0,78
72	0,78
73	0,78
74	0,8
75	0,8
76	0,78
77	0,8
78	0,78
79	0,8
80	0,8
81	0,8
82	0,8
83	0,78
84	0,8
85	0,8
86	0,8
87	0,78
88	0,78
89	0,78
90	0,8
91	0,8

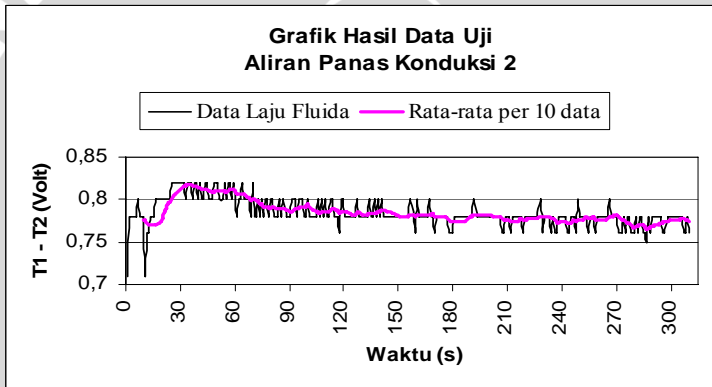
92	0,78
93	0,78
94	0,8
95	0,78
96	0,8
97	0,78
98	0,82
99	0,78
100	0,8

■ Nilai Akhir Pemberian Panas

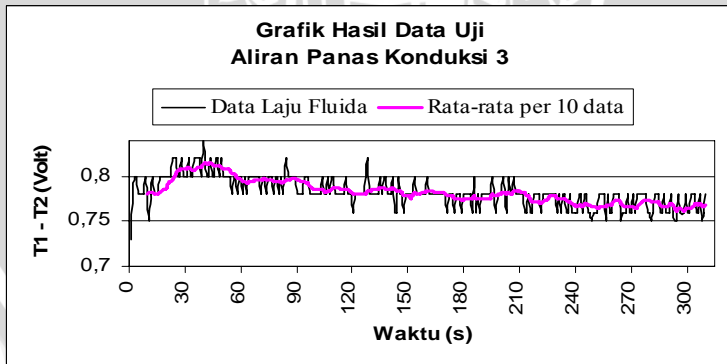




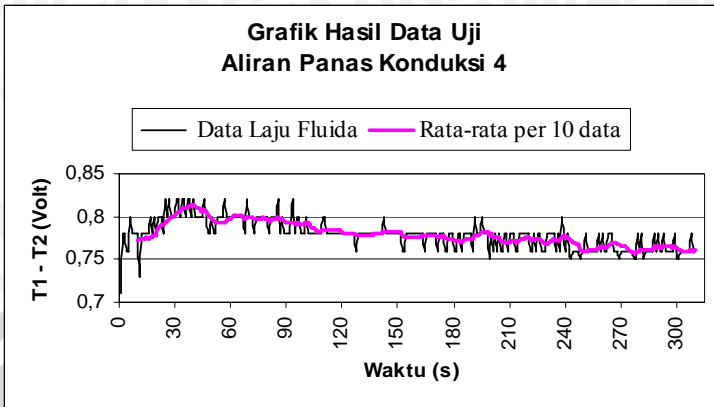
Gambar C.1 Grafik Hasil Uji Aliran Panas Konduksi 1



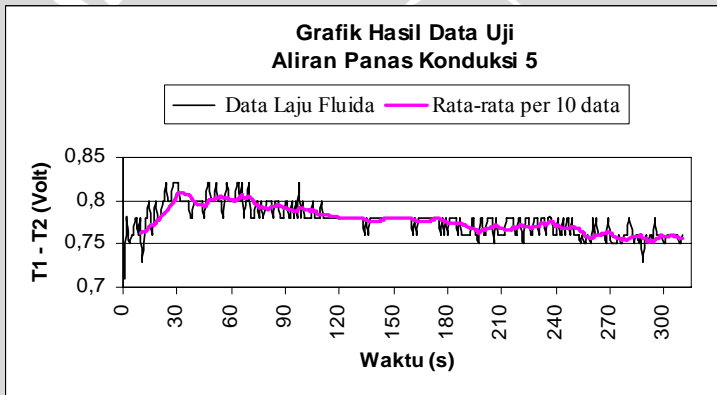
Gambar C.2 Grafik Hasil Uji Aliran Panas Konduksi 2



Gambar C.3 Grafik Hasil Uji Aliran Panas Konduksi 3



Gambar C.4 Grafik Hasil Uji Aliran Panas Konduksi 4



Gambar C.5 Grafik Hasil Uji Aliran Panas Konduksi 5

Tabel C2 Data Hasil Pengujian Laju Fluida 1

Waktu (s)	T1-T2 (Volt)	35	0,84	22	0,84	10	0,84
1	0,76	36	0,82	23	0,82	11	0,84
2	0,78	37	0,82	24	0,82	12	0,82
3	0,78	38	0,82	25	0,82	13	0,84
4	0,78	39	0,84	26	0,82	14	0,86
5	0,80	40	0,84	27	0,82	15	0,86
6	0,80	41	0,82	28	0,82	16	0,82
7	0,80	42	0,84	29	0,84	17	0,84
8	0,78	43	0,82	30	0,84	18	0,86
9	0,84	44	0,84	31	0,84	19	0,84
10	0,84	45	0,84	32	0,84	20	0,82
11	0,82	46	0,84	33	0,82	21	0,84
12	0,82	47	0,82	34	0,80	22	0,84
13	0,84	48	0,82	35	0,82	23	0,82
14	0,86	49	0,84	36	0,80	24	0,84
15	0,86	50	0,80	37	0,82	25	0,86
16	0,84	1	0,78	38	0,84	26	0,82
17	0,84	2	0,76	39	0,84	27	0,82
18	0,84	3	0,76	40	0,82	28	0,82
19	0,84	4	0,75	41	0,82	29	0,86
20	0,82	5	0,75	42	0,82	30	0,82
21	0,82	6	0,75	43	0,78	31	0,82
22	0,84	7	0,76	44	0,80	32	0,86
23	0,84	8	0,80	45	0,80	33	0,80
24	0,82	9	0,78	46	0,82	34	0,82
25	0,84	10	0,84	47	0,84	35	0,84
26	0,82	11	0,84	48	0,82	36	0,84
27	0,82	12	0,84	49	0,82	37	0,80
28	0,84	13	0,82	50	0,82	38	0,84
29	0,82	14	0,84	1	0,78	39	0,84
30	0,84	15	0,84	2	0,78	40	0,80
31	0,82	16	0,82	3	0,78	41	0,80
32	0,84	17	0,80	4	0,75	42	0,82
33	0,84	18	0,84	5	0,76	43	0,84
34	0,82	19	0,86	6	0,76	44	0,78
		20	0,88	7	0,78	45	0,80
		21	0,86	8	0,73	46	0,84
				9	0,78	47	0,82

(Lanjutan Tabel C2)

48	0,80
49	0,82
50	0,84
1	0,76
2	0,76
3	0,78
4	0,78
5	0,78
6	0,76
7	0,76
8	0,76
9	0,75
10	0,82
11	0,82
12	0,82
13	0,82
14	0,82
15	0,82
16	0,84
17	0,84
18	0,86
19	0,86
20	0,84
21	0,82
22	0,80
23	0,82
24	0,82
25	0,82
26	0,84
27	0,82
28	0,80
29	0,84
30	0,80
31	0,80
32	0,82
33	0,82
34	0,84
35	0,82

36	0,80
37	0,80
38	0,80
39	0,82
40	0,82
41	0,84
42	0,82
43	0,78
44	0,80
45	0,80
46	0,82
47	0,82
48	0,82
49	0,80
50	0,80
1	0,78
2	0,78
3	0,75
4	0,76
5	0,76
6	0,78
7	0,78
8	0,75
9	0,76
10	0,84
11	0,84
12	0,82
13	0,84
14	0,86
15	0,88
16	0,84
17	0,82
18	0,86
19	0,88
20	0,86
21	0,84
22	0,86
23	0,86

24	0,86
25	0,82
26	0,84
27	0,86
28	0,82
29	0,84
30	0,86
31	0,84
32	0,82
33	0,84
34	0,84
35	0,82
36	0,82
37	0,84
38	0,84
39	0,80
40	0,84
41	0,86
42	0,82
43	0,80
44	0,82
45	0,84
46	0,82
47	0,80
48	0,84
49	0,82
50	0,82
1	0,80
2	0,76
3	0,78
4	0,78
5	0,78
6	0,78
7	0,78
8	0,76
9	0,75
10	0,78
11	0,80

12	0,82
13	0,82
14	0,84
15	0,84
16	0,82
17	0,82
18	0,84
19	0,84
20	0,82
21	0,84
22	0,82
23	0,82
24	0,84
25	0,82
26	0,84
27	0,84
28	0,80
29	0,80
30	0,82
31	0,82
32	0,84
33	0,82
34	0,82
35	0,82
36	0,82
37	0,82
38	0,84
39	0,86
40	0,84
41	0,84
42	0,82
43	0,78
44	0,80
45	0,82
46	0,80
47	0,84
48	0,84
49	0,84

(Lanjutan Tabel C2)

50	0,84
1	0,82
2	0,76
3	0,76
4	0,73
5	0,73
6	0,76
7	0,75
8	0,78
9	0,78
10	0,80
11	0,80
12	0,82
13	0,84
14	0,86
15	0,86
16	0,84
17	0,82
18	0,84
19	0,84
20	0,86
21	0,88
22	0,84
23	0,82
24	0,84
25	0,86
26	0,88
27	0,86
28	0,82
29	0,82
30	0,80
31	0,82
32	0,84
33	0,86
34	0,86
35	0,82
36	0,82
37	0,82

38	0,84
39	0,82
40	0,86
41	0,84
42	0,82
43	0,80
44	0,80
45	0,82
46	0,84
47	0,84
48	0,84
49	0,84
50	0,80
1	0,78
2	0,76
3	0,80
4	0,75
5	0,76
6	0,76
7	0,78
8	0,75
9	0,78
10	0,82
11	0,80
12	0,82
13	0,86
14	0,86
15	0,82
16	0,84
17	0,86
18	0,86
19	0,84
20	0,84
21	0,88
22	0,86
23	0,82
24	0,84
25	0,84



26	0,86
27	0,84
28	0,82
29	0,84
30	0,84
31	0,84
32	0,80
33	0,82
34	0,84
35	0,84
36	0,84
37	0,80
38	0,82
39	0,84
40	0,86
41	0,84
42	0,80
43	0,80
44	0,84
45	0,86
46	0,80
47	0,80
48	0,82
49	0,82
50	0,84
1	0,82
2	0,75
3	0,75
4	0,80
5	0,80
6	0,76
7	0,80
8	0,82
9	0,76
10	0,80
11	0,82
12	0,82
13	0,84

14	0,86
15	0,86
16	0,84
17	0,84
18	0,82
19	0,84
20	0,84
21	0,86
22	0,88
23	0,84
24	0,84
25	0,82
26	0,82
27	0,84
28	0,88
29	0,84
30	0,82
31	0,84
32	0,80
33	0,82
34	0,82
35	0,84
36	0,84
37	0,84
38	0,82
39	0,84
40	0,82
41	0,84
42	0,82
43	0,82
44	0,82
45	0,82
46	0,84
47	0,82
48	0,80
49	0,80
50	0,82
1	0,80

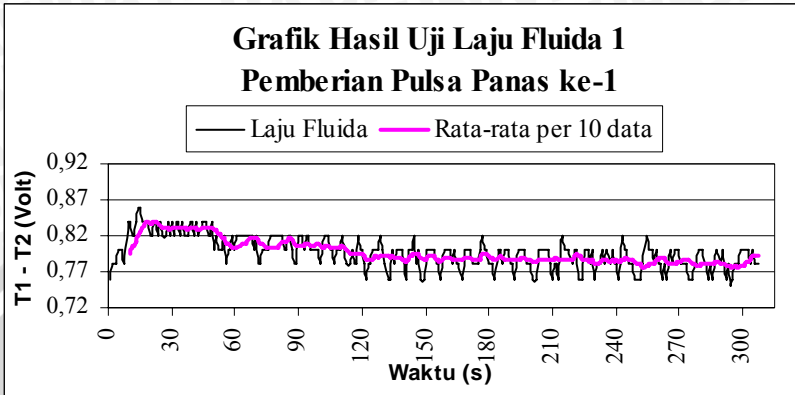
(Lanjutan Tabel C2)

2	0,76
3	0,80
4	0,75
5	0,76
6	0,78
7	0,78
8	0,76
9	0,82
10	0,84
11	0,82
12	0,88
13	0,86
14	0,84
15	0,88
16	0,86
17	0,84
18	0,88
19	0,88
20	0,84
21	0,86
22	0,88
23	0,84
24	0,86
25	0,88
26	0,82
27	0,84
28	0,88
29	0,84
30	0,84
31	0,86
32	0,86
33	0,82
34	0,86
35	0,86
36	0,82
37	0,84
38	0,86
39	0,86

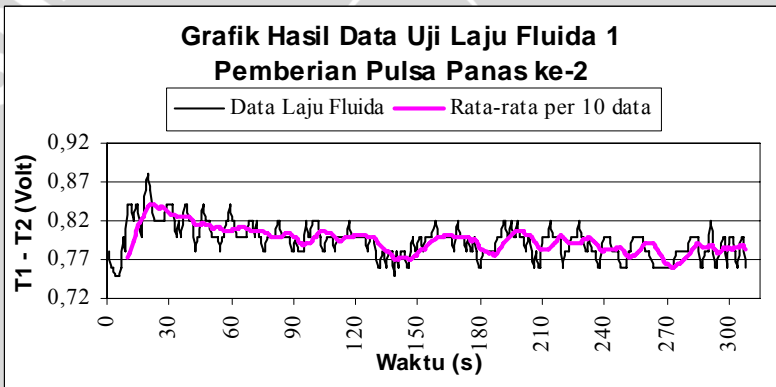
40	0,84
41	0,84
42	0,86
43	0,82
44	0,82
45	0,86
46	0,84
47	0,82
48	0,84
49	0,86
50	0,82

 Nilai awal
 Pemanas maksimum

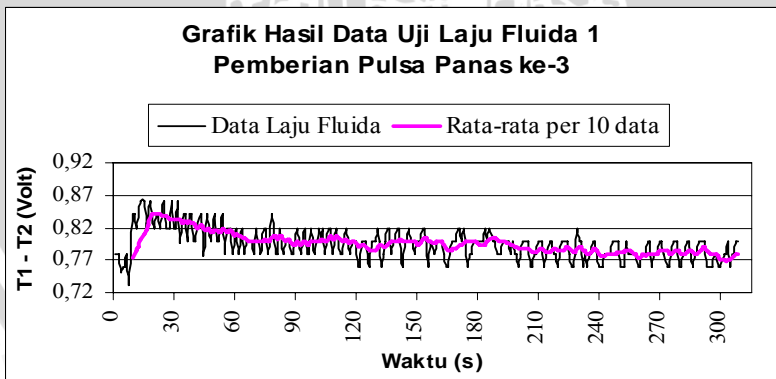




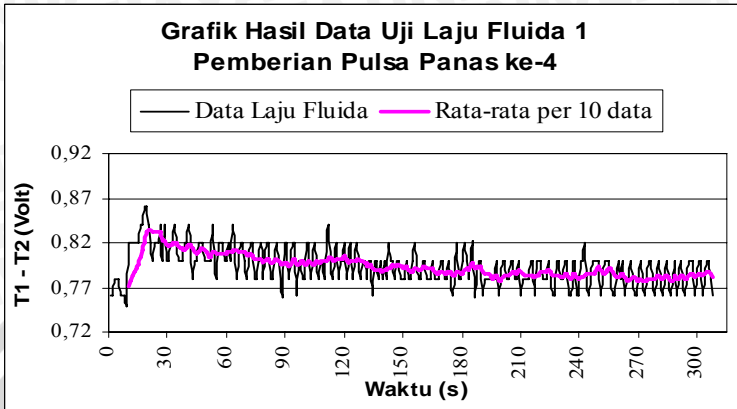
Gambar C.6 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 1 Pemanasan ke-1



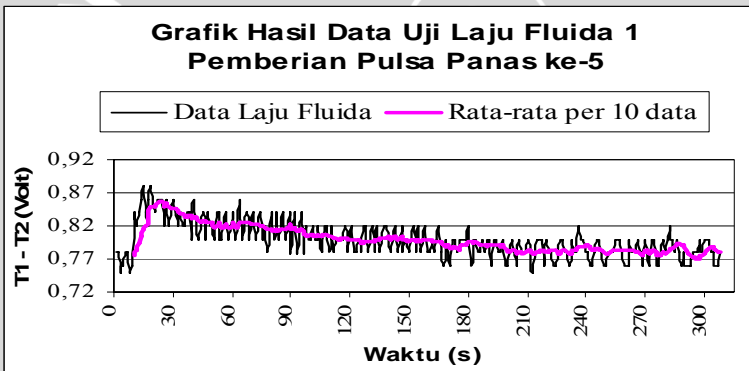
Gambar C.7 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 1 Pemanasan ke-2



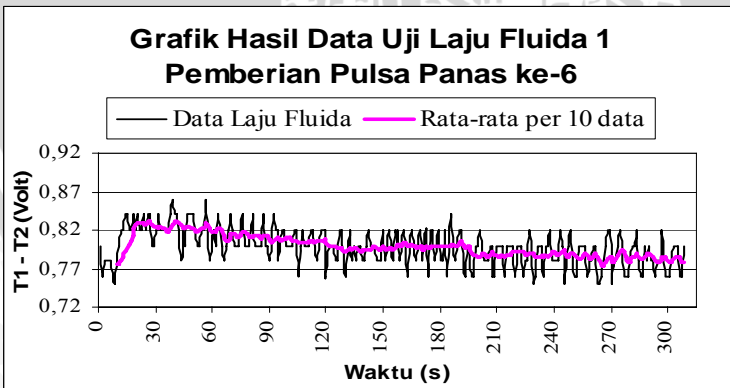
Gambar C.8 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 1 Pemanasan ke-3



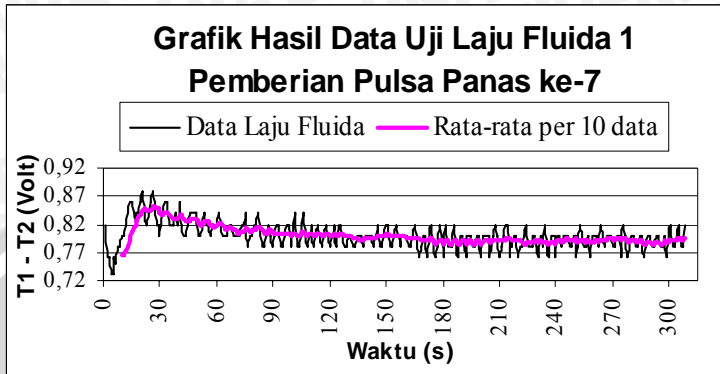
Gambar C.9 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 1 Pemanasan ke-4



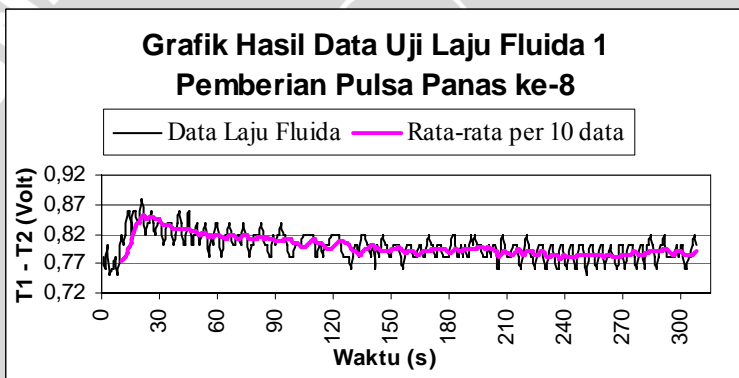
Gambar C.10 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 1 Pemanasan ke-5



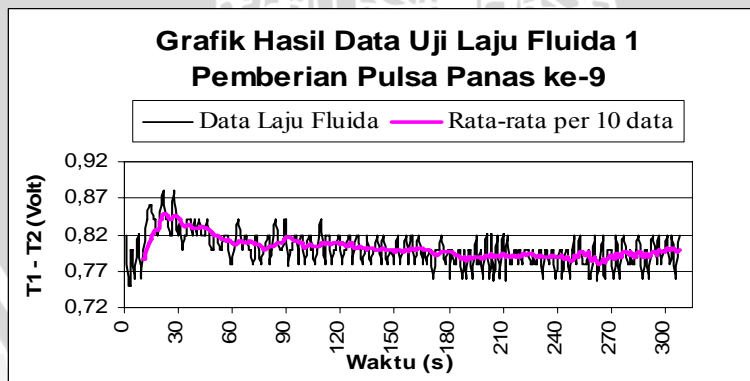
Gambar C.11 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 1 Pemanasan ke-6



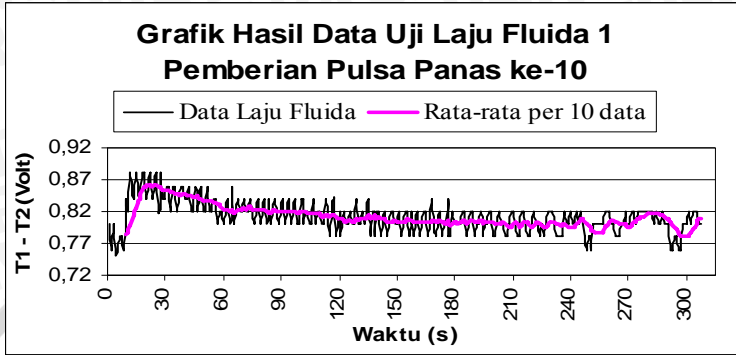
Gambar C.12 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 1 Pemanasan ke-7



Gambar C.13 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 1 Pemanasan ke-8



Gambar C.14 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 1 Pemanasan ke-9



Gambar C.15 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 1 emanasan ke-10



Tabel C3 Data Hasil Pengujian Laju Fluida 2

Waktu (s)	T1-T2 (Volt)	36	0,94	74	0,94	12	0,86
1	0,84	37	0,94	75	0,94	13	0,88
2	0,84	38	0,94	76	0,94	14	0,90
3	0,84	39	0,94	77	0,94	15	0,88
4	0,84	40	0,94	78	0,94	16	0,90
5	0,84	41	0,92	79	0,94	17	0,92
6	0,84	42	0,94	80	0,94	18	0,94
7	0,84	43	0,94	81	0,94	19	0,94
8	0,84	44	0,94	82	0,94	20	0,94
9	0,84	45	0,92	83	0,94	21	0,94
10	0,84	46	0,94	84	0,94	22	0,94
11	0,84	47	0,94	85	0,94	23	0,94
12	0,86	48	0,94	86	0,94	24	0,94
13	0,86	49	0,94	87	0,94	25	0,96
14	0,88	50	0,94	88	0,94	26	0,96
15	0,88	51	0,94	89	0,94	27	0,96
16	0,88	52	0,94	90	0,94	28	0,96
17	0,92	53	0,94	91	0,94	29	0,96
18	0,90	54	0,94	92	0,94	30	0,96
19	0,92	55	0,94	93	0,92	31	0,96
20	0,94	56	0,94	94	0,92	32	0,94
21	0,92	57	0,94	95	0,92	33	0,96
22	0,92	58	0,94	96	0,92	34	0,96
23	0,94	59	0,94	97	0,94	35	0,96
24	0,94	60	0,94	98	0,94	36	0,94
25	0,94	61	0,94	99	0,94	37	0,96
26	0,96	62	0,94	100	0,92	38	0,94
27	0,94	63	0,94	1	0,84	39	0,96
28	0,94	64	0,94	2	0,84	40	0,96
29	0,94	65	0,94	3	0,84	41	0,96
30	0,94	66	0,94	4	0,84	42	0,96
31	0,96	67	0,94	5	0,84	43	0,96
32	0,94	68	0,94	6	0,84	44	0,96
33	0,94	69	0,94	7	0,84	45	0,98
34	0,94	70	0,92	8	0,86	46	0,96
35	0,94	71	0,94	9	0,86	47	0,96
		72	0,94	10	0,86	48	0,96
		73	0,94	11	0,86	49	0,96

(Lanjutan Tabel C3)

50	0,96	88	0,96	26	0,94	64	0,94
51	0,96	89	0,94	27	0,94	65	0,92
52	0,96	90	0,96	28	0,94	66	0,94
53	0,94	91	0,94	29	0,94	67	0,94
54	0,96	92	0,94	30	0,94	68	0,94
55	0,96	93	0,94	31	0,92	69	0,92
56	0,96	94	0,94	32	0,94	70	0,94
57	0,96	95	0,94	33	0,96	71	0,94
58	0,96	96	0,94	34	0,96	72	0,94
59	0,96	97	0,96	35	0,96	73	0,94
60	0,96	98	0,94	36	0,96	74	0,94
61	0,96	99	0,94	37	0,96	75	0,94
62	0,96	100	0,94	38	0,96	76	0,94
63	0,96	1	0,86	39	0,96	77	0,96
64	0,96	2	0,86	40	0,96	78	0,94
65	0,96	3	0,86	41	0,94	79	0,94
66	0,96	4	0,86	42	0,94	80	0,94
67	0,96	5	0,84	43	0,94	81	0,92
68	0,96	6	0,86	44	0,94	82	0,94
69	0,94	7	0,86	45	0,94	83	0,94
70	0,94	8	0,86	46	0,96	84	0,92
71	0,96	9	0,86	47	0,96	85	0,96
72	0,94	10	0,86	48	0,94	86	0,94
73	0,96	11	0,86	49	0,94	87	0,94
74	0,96	12	0,86	50	0,96	88	0,94
75	0,96	13	0,88	51	0,94	89	0,96
76	0,96	14	0,88	52	0,94	90	0,94
77	0,96	15	0,88	53	0,94	91	0,94
78	0,96	16	0,90	54	0,94	92	0,94
79	0,98	17	0,92	55	0,94	93	0,94
80	0,96	18	0,92	56	0,94	94	0,94
81	0,94	19	0,92	57	0,94	95	0,92
82	0,96	20	0,94	58	0,94	96	0,92
83	0,96	21	0,94	59	0,94	97	0,94
84	0,96	22	0,94	60	0,96	98	0,94
85	0,96	23	0,94	61	0,94	99	0,92
86	0,96	24	0,96	62	0,94	100	0,92
87	0,96	25	0,94	63	0,94	1	0,86

(Lanjutan Tabel C3)

2	0,86	40	0,94	78	0,94	16	0,9
3	0,86	41	0,94	79	0,94	17	0,92
4	0,86	42	0,94	80	0,94	18	0,94
5	0,84	43	0,94	81	0,94	19	0,94
6	0,86	44	0,94	82	0,94	20	0,96
7	0,84	45	0,94	83	0,94	21	0,96
8	0,84	46	0,94	84	0,94	22	0,96
9	0,84	47	0,94	85	0,94	23	0,96
10	0,86	48	0,94	86	0,94	24	0,94
11	0,84	49	0,96	87	0,94	25	0,94
12	0,86	50	0,96	88	0,94	26	0,96
13	0,86	51	0,96	89	0,94	27	0,94
14	0,88	52	0,96	90	0,94	28	0,96
15	0,88	53	0,94	91	0,94	29	0,94
16	0,90	54	0,94	92	0,94	30	0,98
17	0,90	55	0,94	93	0,92	31	0,98
18	0,90	56	0,94	94	0,92	32	0,96
19	0,92	57	0,94	95	0,94	33	0,96
20	0,92	58	0,94	96	0,92	34	0,96
21	0,92	59	0,94	97	0,92	35	0,96
22	0,94	60	0,94	98	0,94	36	0,96
23	0,96	61	0,96	99	0,94	37	0,96
24	0,96	62	0,94	100	0,92	38	0,96
25	0,96	63	0,94	1	0,84	39	0,96
26	0,96	64	0,96	2	0,86	40	0,96
27	0,94	65	0,96	3	0,84	41	0,94
28	0,94	66	0,94	4	0,86	42	0,94
29	0,94	67	0,94	5	0,86	43	0,94
30	0,94	68	0,94	6	0,84	44	0,94
31	0,94	69	0,94	7	0,86	45	0,94
32	0,96	70	0,94	8	0,84	46	0,96
33	0,94	71	0,94	9	0,84	47	0,96
34	0,96	72	0,94	10	0,84	48	0,96
35	0,94	73	0,94	11	0,84	49	0,96
36	0,94	74	0,94	12	0,86	50	0,96
37	0,94	75	0,94	13	0,86	51	0,96
38	0,94	76	0,94	14	0,86	52	0,96
39	0,96	77	0,92	15	0,88	53	0,96

(Lanjutan Tabel C3)

54	0,94
55	0,94
56	0,96
57	0,96
58	0,96
59	0,96
60	0,96
61	0,96
62	0,96
63	0,96
64	0,96
65	0,96
66	0,96
67	0,96
68	0,96
69	0,96
70	0,94
71	0,96
72	0,94
73	0,96
74	0,94
75	0,94
76	0,94
77	0,94
78	0,92
79	0,92
80	0,96
81	0,94
82	0,94
83	0,94
84	0,94
85	0,94
86	0,98
87	0,96
88	0,96
89	0,96
90	0,94
91	0,96

92	0,94
93	0,94
94	0,96
95	0,94
96	0,94
97	0,94
98	0,94
99	0,94
100	0,94
1	0,88
2	0,86
3	0,86
4	0,84
5	0,86
6	0,86
7	0,86
8	0,86
9	0,84
10	0,86
11	0,84
12	0,84
13	0,86
14	0,88
15	0,90
16	0,90
17	0,94
18	0,94
19	0,94
20	0,94
21	0,94
22	0,96
23	0,96
24	0,96
25	0,96
26	0,96
27	0,96
28	0,96
29	0,98

30	0,98
31	0,98
32	1,00
33	0,98
34	0,98
35	0,98
36	0,96
37	0,96
38	0,96
39	0,96
40	0,98
41	0,98
42	0,96
43	0,96
44	0,96
45	0,98
46	0,96
47	0,96
48	0,96
49	0,98
50	0,98
51	0,98
52	0,96
53	0,96
54	0,96
55	0,96
56	0,96
57	0,96
58	0,96
59	0,94
60	0,96
61	0,94
62	0,96
63	0,96
64	0,94
65	0,96
66	0,96
67	0,96

68	0,96
69	0,94
70	0,94
71	0,96
72	0,96
73	0,94
74	0,94
75	0,96
76	0,96
77	0,98
78	0,96
79	0,96
80	0,96
81	0,96
82	0,96
83	0,98
84	0,94
85	0,96
86	0,96
87	0,96
88	0,96
89	0,98
90	0,96
91	0,96
92	0,96
93	0,94
94	0,96
95	0,96
96	0,96
97	0,94
98	0,96
99	0,96
100	0,96
1	0,90
2	0,86
3	0,86
4	0,86
5	0,86

(Lanjutan Tabel C3)

6	0,86	44	1,00	82	0,98	20	0,94
7	0,86	45	0,98	83	0,96	21	0,96
8	0,86	46	0,98	84	0,98	22	0,98
9	0,84	47	1,00	85	1,00	23	0,98
10	0,86	48	1,00	86	0,98	24	0,98
11	0,86	49	1,00	87	0,98	25	0,98
12	0,86	50	1,00	88	0,98	26	0,98
13	0,86	51	1,00	89	0,96	27	0,98
14	0,88	52	1,00	90	0,98	28	0,98
15	0,90	53	1,00	91	0,98	29	0,98
16	0,90	54	1,00	92	0,98	30	0,98
17	0,96	55	1,00	93	0,98	31	1,00
18	0,96	56	1,00	94	0,98	32	1,00
19	0,96	57	1,00	95	0,98	33	1,00
20	0,98	58	1,00	96	0,98	34	0,98
21	0,98	59	1,00	97	0,98	35	0,98
22	1,00	60	0,98	98	0,98	36	0,98
23	1,00	61	1,00	99	0,98	37	0,98
24	1,00	62	0,98	100	0,98	38	0,98
25	1,00	63	1,00	1	0,84	39	1,00
26	0,98	64	0,98	2	0,86	40	1,00
27	1,00	65	0,98	3	0,84	41	1,00
28	0,98	66	0,98	4	0,82	42	1,00
29	0,98	67	0,98	5	0,84	43	1,00
30	0,98	68	0,98	6	0,84	44	1,00
31	1,00	69	0,98	7	0,84	45	0,98
32	1,00	70	0,98	8	0,86	46	0,98
33	1,00	71	0,98	9	0,84	47	1,00
34	1,00	72	0,98	10	0,84	48	0,98
35	1,00	73	1,00	11	0,86	49	0,98
36	0,98	74	0,98	12	0,88	50	0,98
37	0,98	75	1,00	13	0,86	51	0,98
38	1,00	76	0,98	14	0,88	52	0,98
39	1,00	77	1,00	15	0,90	53	1,00
40	0,98	78	0,98	16	0,92	54	0,98
41	1,00	79	0,98	17	0,94	55	1,00
42	1,00	80	0,98	18	0,96	56	1,00
43	1,00	81	0,98	19	0,96	57	1,00

(Lanjutan Tabel C3)



58	1,00	96	0,98	34	0,98	72	1,00
59	1,00	97	0,98	35	0,98	73	0,98
60	1,00	98	1,00	36	0,98	74	0,98
61	1,00	99	0,98	37	1,00	75	1,00
62	1,00	100	1,00	38	0,98	76	0,96
63	0,98	1	0,86	39	0,98	77	0,98
64	0,98	2	0,86	40	0,98	78	1,00
65	0,98	3	0,84	41	0,98	79	0,98
66	0,98	4	0,84	42	0,96	80	0,98
67	0,98	5	0,86	43	0,98	81	0,98
68	0,98	6	0,86	44	0,98	82	1,00
69	1,00	7	0,86	45	0,98	83	0,98
70	0,98	8	0,86	46	0,98	84	0,98
71	0,98	9	0,86	47	0,98	85	1,00
72	0,98	10	0,86	48	1,00	86	0,98
73	0,98	11	0,88	49	1,00	87	0,98
74	0,98	12	0,86	50	1,00	88	0,98
75	1,00	13	0,86	51	0,98	89	0,98
76	1,00	14	0,90	52	0,98	90	0,98
77	0,98	15	0,90	53	1,00	91	1,00
78	0,98	16	0,90	54	0,98	92	0,98
79	0,98	17	0,92	55	1,00	93	1,00
80	0,98	18	0,94	56	1,00	94	0,98
81	0,98	19	0,94	57	0,98	95	0,98
82	0,98	20	0,96	58	0,98	96	0,98
83	0,98	21	0,96	59	0,98	97	0,98
84	0,98	22	0,98	60	0,96	98	0,98
85	0,98	23	0,98	61	0,98	99	0,98
86	0,96	24	0,98	62	1,00	100	0,98
87	1,00	25	1,00	63	0,98	1	0,86
88	0,98	26	0,98	64	0,96	2	0,84
89	0,98	27	1,00	65	0,98	3	0,86
90	0,98	28	1,00	66	0,98	4	0,84
91	0,98	29	1,00	67	0,98	5	0,86
92	0,98	30	0,98	68	0,98	6	0,86
93	0,98	31	0,98	69	0,98	7	0,86
94	0,96	32	0,98	70	0,98	8	0,84
95	0,98	33	0,98	71	1,00	9	0,84

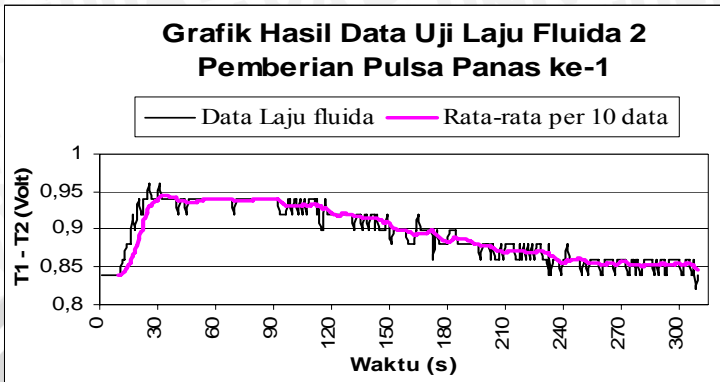
(Lanjutan Tabel C3)

10	0,84
11	0,88
12	0,86
13	0,88
14	0,90
15	0,92
16	0,92
17	0,92
18	0,94
19	0,94
20	0,96
21	0,98
22	0,96
23	0,98
24	0,96
25	0,98
26	0,98
27	0,98
28	0,98
29	0,98
30	0,98
31	0,96
32	0,96
33	0,98
34	0,98
35	0,98
36	0,98
37	0,98
38	0,98
39	0,96
40	0,98
41	0,98
42	0,98
43	0,98
44	0,98
45	0,96
46	0,98
47	1,00

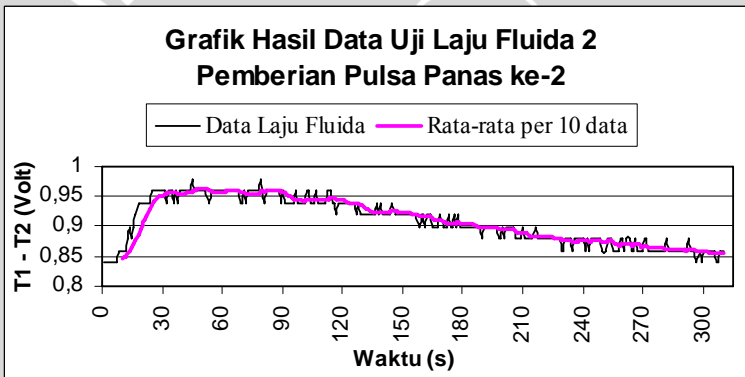
48	1,00
49	1,00
50	1,00
51	0,98
52	0,98
53	0,98
54	0,98
55	1,00
56	1,00
57	0,98
58	0,98
59	0,98
60	0,98
61	0,96
62	0,98
63	0,96
64	0,98
65	0,98
66	0,98
67	0,98
68	0,98
69	0,98
70	0,98
71	0,98
72	0,96
73	0,96
74	0,98
75	0,98
76	0,96
77	0,96
78	0,98
79	0,98
80	0,98
81	0,98
82	0,98
83	0,98
84	1,00
85	0,98

86	0,98
87	0,98
88	0,96
89	0,96
90	0,96
91	0,98
92	0,98
93	0,96
94	0,96
95	0,98
96	0,96
97	0,98
98	0,96
99	0,96
100	0,96

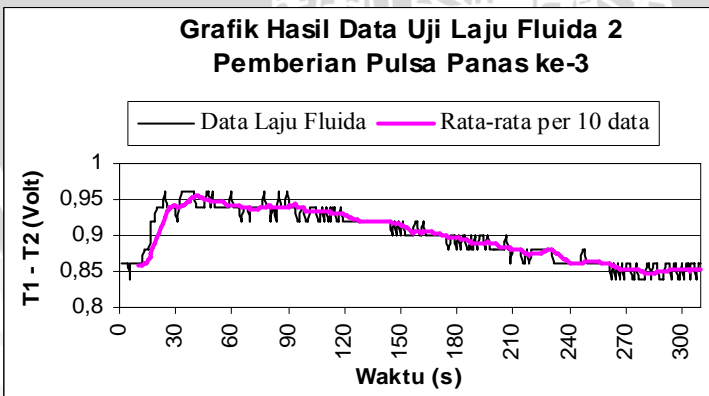
 Nilai awal
 Pemanas maksimum



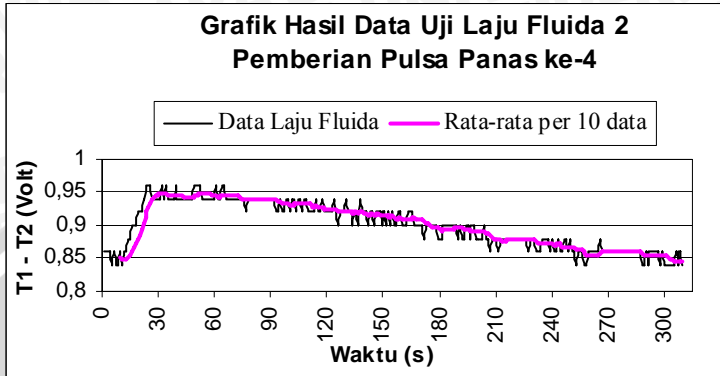
Gambar C.16 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 2 Pemanasan ke-1



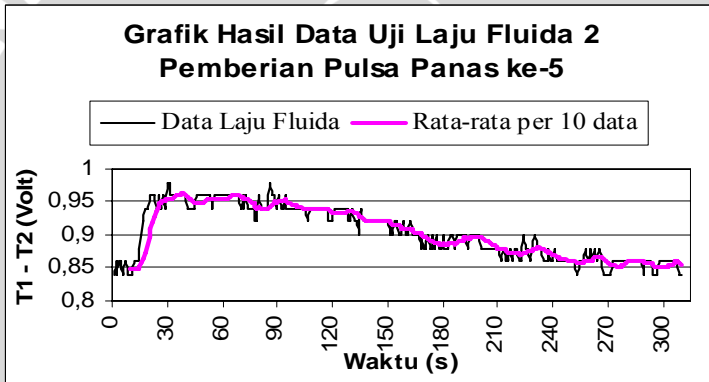
Gambar C.17 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 2 Pemanasan ke-2



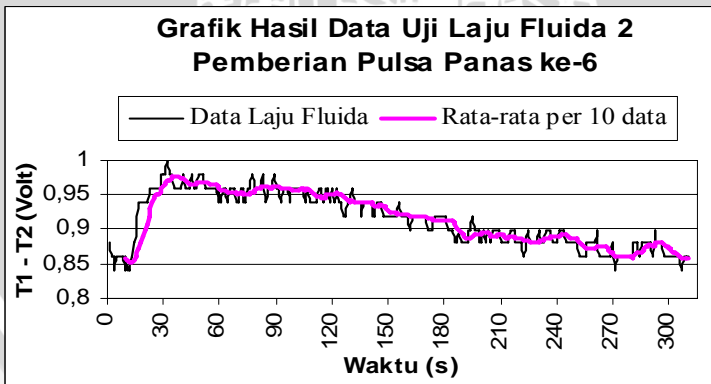
Gambar C.18 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 2 Pemanasan ke-3



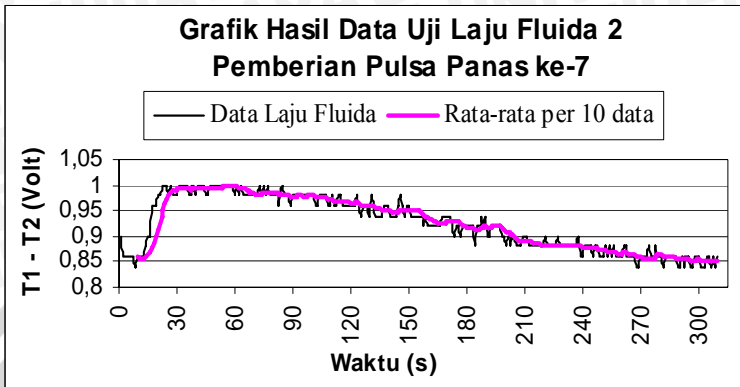
Gambar C.19 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 2 Pemanasan ke-4



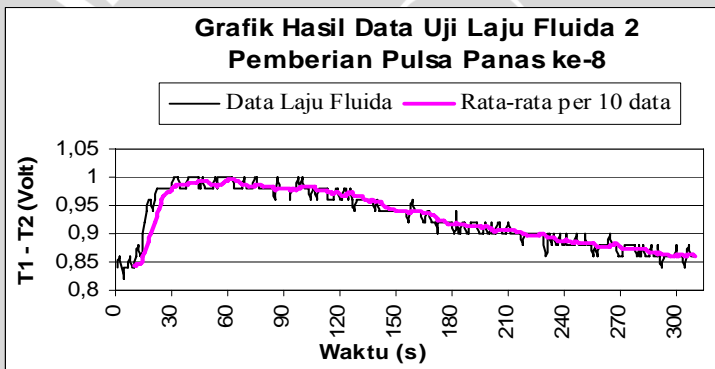
Gambar C.20 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 2 Pemanasan ke-5



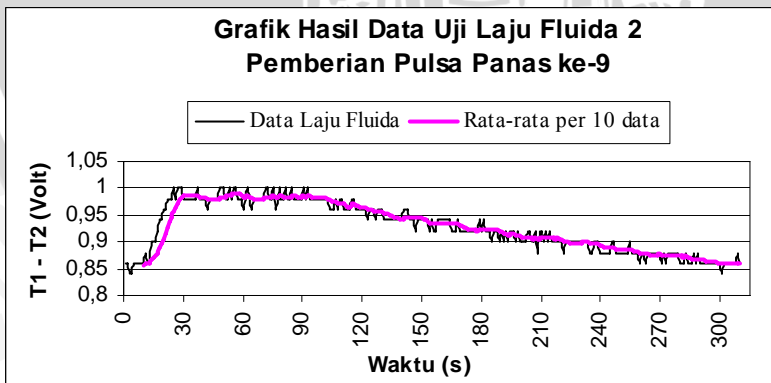
Gambar C.21 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 2 Pemanasan ke-6



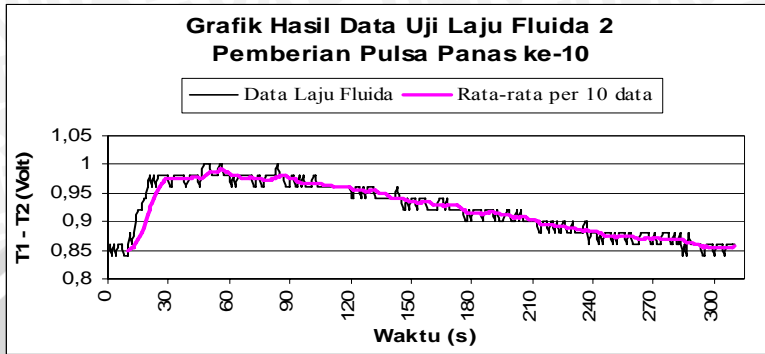
Gambar C.22 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 2 Pemanasan ke-7



Gambar C.23 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 2 Pemanasan ke-8



Gambar C.24 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 2 Pemanasan ke-9



Gambar C.25 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 2 Pemanasan ke-10



Tabel C4 Data Hasil Pengujian Laju Fluida 3

Waktu (s)	T1-T2 (Volt)						
1	0,82	35	0,88	18	0,88	1	0,84
2	0,84	36	0,88	19	0,88	2	0,84
3	0,84	37	0,88	20	0,86	3	0,86
4	0,84	38	0,88	21	0,88	4	0,84
5	0,84	39	0,88	22	0,88	5	0,86
6	0,82	40	0,88	23	0,88	6	0,84
7	0,84	41	0,9	24	0,88	7	0,84
8	0,84	42	0,88	25	0,88	8	0,84
9	0,84	43	0,88	26	0,88	9	0,84
10	0,82	44	0,88	27	0,88	10	0,84
11	0,82	45	0,9	28	0,88	11	0,84
12	0,84	46	0,9	29	0,88	12	0,86
13	0,84	47	0,88	30	0,88	13	0,86
14	0,84	48	0,88	31	0,88	14	0,86
15	0,86	49	0,9	32	0,88	15	0,86
16	0,86	50	0,88	33	0,88	16	0,86
17	0,86	51	0,9	34	0,9	17	0,86
18	0,86	52	0,88	35	0,88	18	0,86
19	0,86	53	0,9	36	0,88	19	0,86
20	0,86	54	0,9	37	0,88	20	0,86
21	0,86	1	0,84	38	0,88	21	0,88
22	0,88	2	0,84	39	0,88	22	0,86
23	0,88	3	0,84	40	0,88	23	0,88
24	0,88	4	0,84	41	0,88	24	0,88
25	0,88	5	0,84	42	0,9	25	0,88
26	0,88	6	0,84	43	0,9	26	0,88
27	0,88	7	0,84	44	0,88	27	0,88
28	0,88	8	0,84	45	0,88	28	0,88
29	0,88	9	0,84	46	0,9	29	0,88
30	0,88	10	0,84	47	0,9	30	0,88
31	0,88	11	0,84	48	0,88	31	0,88
32	0,88	12	0,84	49	0,88	32	0,88
33	0,88	13	0,86	50	0,9	33	0,88
34	0,88	14	0,86	51	0,88	34	0,88
		15	0,86	52	0,9	35	0,88
		16	0,86	53	0,9	36	0,88
		17	0,88	54	0,9	37	0,88
				55	0,9	38	0,88

(Lanjutan Tabel C4)

39	0,88	22	0,88	5	0,84	43	0,9
40	0,88	23	0,88	6	0,86	44	0,9
41	0,88	24	0,88	7	0,84	45	0,9
42	0,88	25	0,88	8	0,84	46	0,9
43	0,88	26	0,88	9	0,86	47	0,9
44	0,88	27	0,88	10	0,86	48	0,9
45	0,88	28	0,88	11	0,86	49	0,9
46	0,9	29	0,88	12	0,86	50	0,9
47	0,88	30	0,88	13	0,86	51	0,9
48	0,88	31	0,88	14	0,86	52	0,88
49	0,9	32	0,88	15	0,86	53	0,9
50	0,9	33	0,88	16	0,88	54	0,9
51	0,88	34	0,88	17	0,88	55	0,9
52	0,88	35	0,88	18	0,88	1	0,84
53	0,88	36	0,9	19	0,88	2	0,86
54	0,9	37	0,88	20	0,88	3	0,84
55	0,88	38	0,88	21	0,88	4	0,86
1	0,84	39	0,9	22	0,88	5	0,86
2	0,84	40	0,9	23	0,88	6	0,86
3	0,84	41	0,9	24	0,88	7	0,86
4	0,84	42	0,88	25	0,88	8	0,86
5	0,84	43	0,9	26	0,88	9	0,84
6	0,84	44	0,88	27	0,88	10	0,84
7	0,84	45	0,88	28	0,9	11	0,86
8	0,84	46	0,9	29	0,88	12	0,86
9	0,84	47	0,88	30	0,9	13	0,86
10	0,84	48	0,9	31	0,9	14	0,86
11	0,84	49	0,9	32	0,88	15	0,88
12	0,84	50	0,9	33	0,9	16	0,88
13	0,86	51	0,9	34	0,9	17	0,86
14	0,86	52	0,9	35	0,9	18	0,88
15	0,86	53	0,88	36	0,9	19	0,88
16	0,86	54	0,88	37	0,88	20	0,88
17	0,86	55	0,88	38	0,88	21	0,88
18	0,86	1	0,84	39	0,9	22	0,88
19	0,86	2	0,86	40	0,9	23	0,88
20	0,88	3	0,84	41	0,9	24	0,9
21	0,88	4	0,84	42	0,9	25	0,9

(Lanjutan Tabel C4)

26	0,88
27	0,88
28	0,9
29	0,88
30	0,88
31	0,88
32	0,88
33	0,88
34	0,88
35	0,88
36	0,88
37	0,88
38	0,88
39	0,88
40	0,9
41	0,9
42	0,9
43	0,9
44	0,9
45	0,9
46	0,9
47	0,9
48	0,9
49	0,9
50	0,9
51	0,9
52	0,9
53	0,9
54	0,9
55	0,9
1	0,84
2	0,86
3	0,86
4	0,86
5	0,86
6	0,86
7	0,86
8	0,84

9	0,84
10	0,86
11	0,86
12	0,86
13	0,86
14	0,86
15	0,86
16	0,86
17	0,88
18	0,88
19	0,86
20	0,88
21	0,88
22	0,88
23	0,88
24	0,88
25	0,88
26	0,88
27	0,88
28	0,88
29	0,88
30	0,88
31	0,88
32	0,88
33	0,88
34	0,88
35	0,88
36	0,88
37	0,88
38	0,88
39	0,9
40	0,88
41	0,88
42	0,88
43	0,88
44	0,88
45	0,88
46	0,88

47	0,9
48	0,88
49	0,9
50	0,9
51	0,9
52	0,9
53	0,9
54	0,88
55	0,9
56	0,9
57	0,88
58	0,9
59	0,9
60	0,9
1	0,84
2	0,84
3	0,86
4	0,86
5	0,86
6	0,84
7	0,84
8	0,84
9	0,84
10	0,84
11	0,84
12	0,86
13	0,86
14	0,86
15	0,86
16	0,86
17	0,88
18	0,86
19	0,86
20	0,88
21	0,86
22	0,86
23	0,88
24	0,88

25	0,88
26	0,88
27	0,88
28	0,88
29	0,88
30	0,88
31	0,88
32	0,88
33	0,88
34	0,88
35	0,88
36	0,88
37	0,88
38	0,88
39	0,88
40	0,88
41	0,88
42	0,88
43	0,88
44	0,88
45	0,88
46	0,9
47	0,9
48	0,88
49	0,88
50	0,88
1	0,84
2	0,86
3	0,86
4	0,84
5	0,86
6	0,86
7	0,86
8	0,86
9	0,84
10	0,84
11	0,84
12	0,86

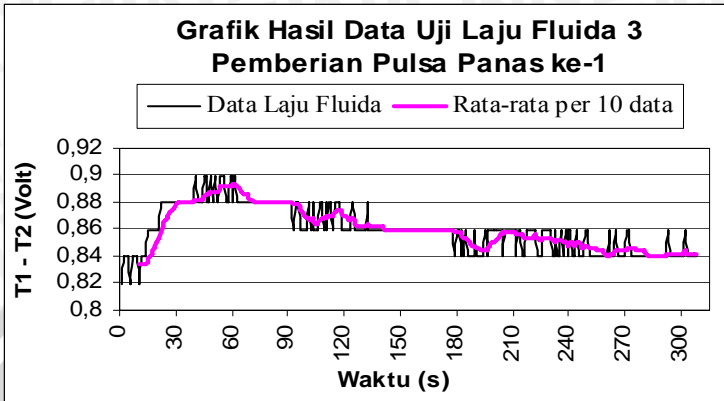
(Lanjutan Tabel C4)

13	0,86
14	0,86
15	0,84
16	0,86
17	0,86
18	0,86
19	0,86
20	0,86
21	0,86
22	0,86
23	0,88
24	0,86
25	0,86
26	0,88
27	0,88
28	0,86
29	0,86
30	0,86
31	0,88
32	0,86
33	0,86
34	0,86
35	0,88
36	0,88
37	0,88
38	0,88
39	0,86
40	0,88
41	0,88
42	0,88
43	0,86
44	0,86
45	0,88
46	0,88
47	0,88
48	0,86
49	0,88
50	0,88

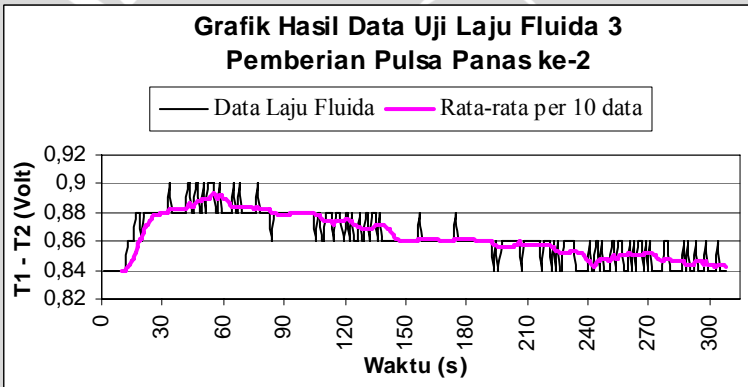
51	0,88
52	0,88
53	0,88
54	0,88
55	0,88
56	0,86
57	0,88
58	0,88
59	0,88
60	0,88
1	0,84
2	0,86
3	0,86
4	0,84
5	0,86
6	0,86
7	0,86
8	0,86
9	0,86
10	0,84
11	0,84
12	0,86
13	0,86
14	0,86
15	0,86
16	0,86
17	0,86
18	0,86
19	0,86
20	0,86
21	0,86
22	0,86
23	0,86
24	0,88
25	0,88
26	0,86
27	0,86
28	0,86

29	0,88
30	0,88
31	0,86
32	0,86
33	0,88
34	0,88
35	0,88
36	0,88
37	0,88
38	0,88
39	0,88
40	0,88
41	0,88
42	0,88
43	0,88
44	0,88
45	0,88
46	0,88
47	0,88
48	0,88
49	0,88
50	0,88

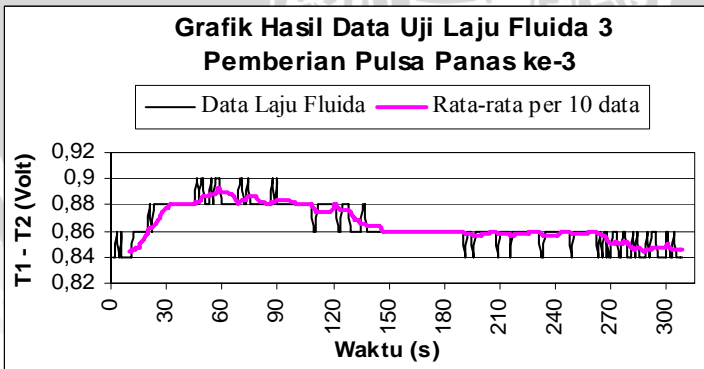
Nilai awal
Pemanas maksimum



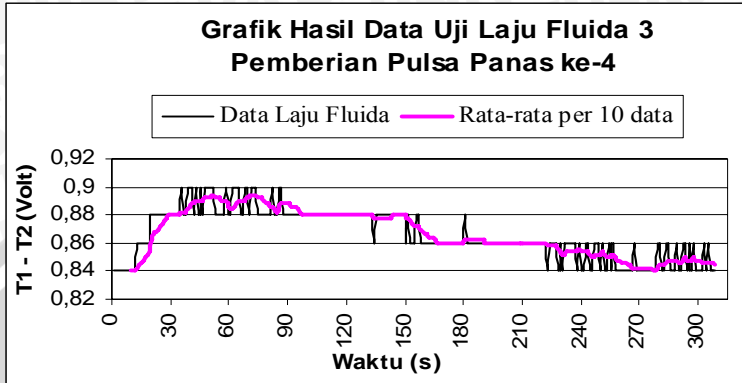
Gambar C.26 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 3 Pemanasan ke-1



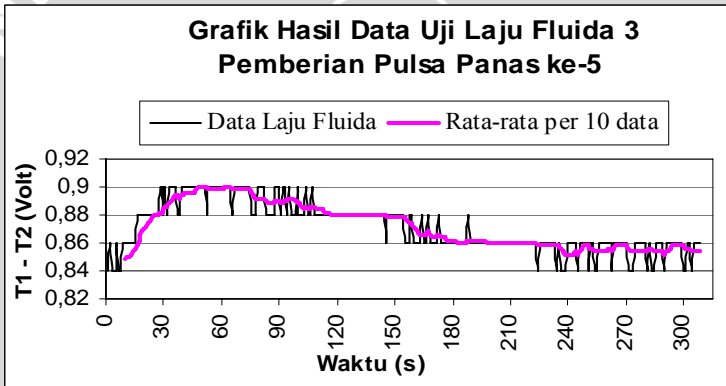
Gambar C.27 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 3 Pemanasan ke-1



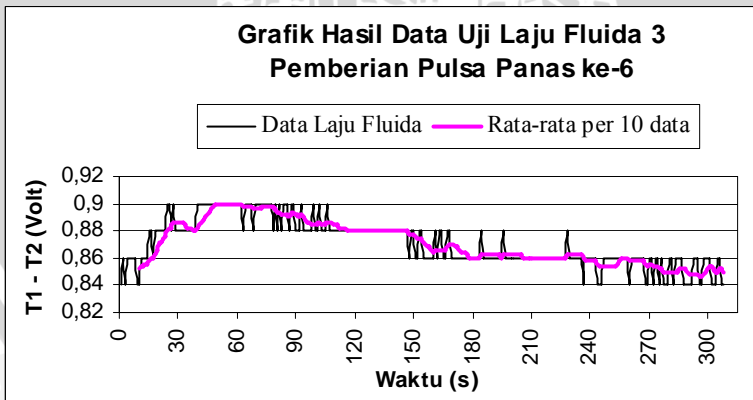
Gambar C.28 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 3 Pemanasan ke-3



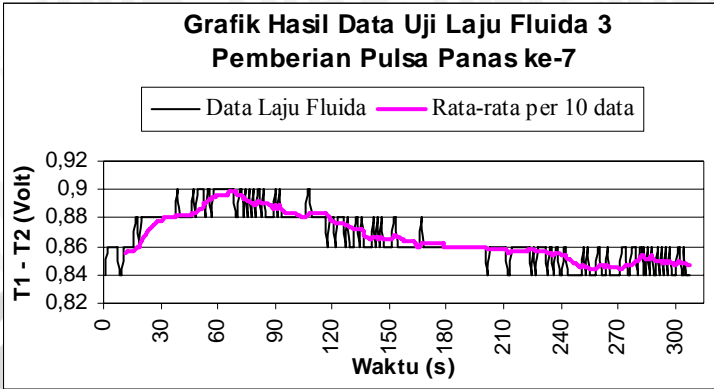
Gambar C.29 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 3 Pemanasan ke-4



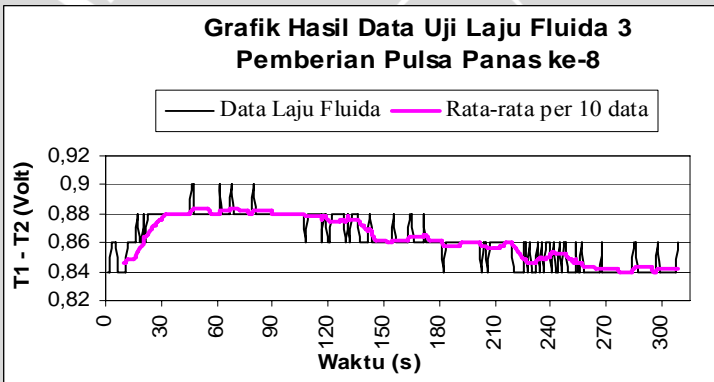
Gambar C.30 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 3 Pemanasan ke-5



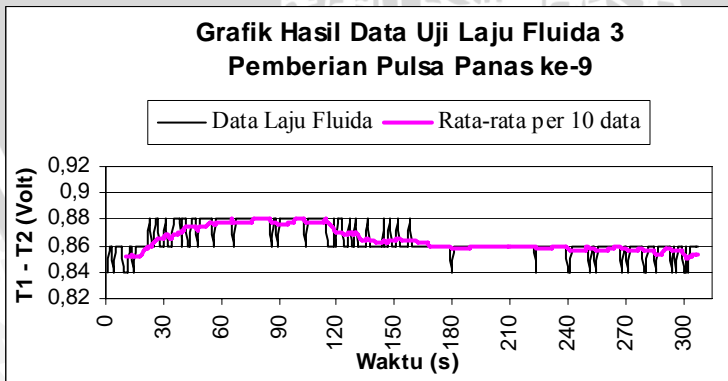
Gambar C.31 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 3 Pemanasan ke-6



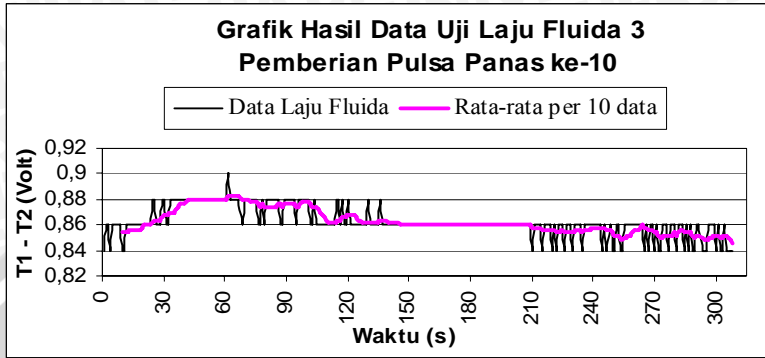
Gambar C.32 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 3 Pemanasan ke-7



Gambar C.33 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 3 Pemanasan ke-8



Gambar C.34 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 3 Pemanasan ke-9



Gambar C.35 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 3 Pemanasan ke-10



Tabel C5 Data Hasil Pengujian Laju Fluida 4

Waktu (s)	T1-T2 (Volt)	35	0,84	22	0,84	10	0,80
1	0,76	36	0,84	23	0,82	11	0,80
2	0,78	37	0,82	24	0,84	12	0,82
3	0,78	38	0,84	25	0,84	13	0,80
4	0,80	39	0,82	26	0,86	14	0,82
5	0,80	40	0,84	27	0,84	15	0,82
6	0,80	41	0,82	28	0,82	16	0,82
7	0,78	42	0,82	29	0,84	17	0,84
8	0,78	43	0,82	30	0,82	18	0,84
9	0,76	44	0,82	31	0,84	19	0,82
10	0,80	45	0,82	32	0,86	20	0,82
11	0,78	46	0,82	33	0,84	21	0,82
12	0,82	47	0,84	34	0,86	22	0,82
13	0,82	48	0,80	35	0,84	23	0,82
14	0,80	49	0,84	36	0,84	24	0,84
15	0,82	50	0,84	37	0,82	25	0,84
16	0,80	1	0,80	38	0,84	26	0,86
17	0,80	2	0,80	39	0,84	27	0,84
18	0,80	3	0,80	40	0,86	28	0,86
19	0,82	4	0,80	41	0,84	29	0,84
20	0,82	5	0,80	42	0,84	30	0,84
21	0,82	6	0,78	43	0,84	31	0,84
22	0,82	7	0,78	44	0,84	32	0,84
23	0,82	8	0,80	45	0,86	33	0,84
24	0,82	9	0,76	46	0,84	34	0,84
25	0,84	10	0,78	47	0,82	35	0,82
26	0,84	11	0,80	48	0,82	36	0,82
27	0,84	12	0,82	49	0,82	37	0,84
28	0,82	13	0,80	50	0,84	38	0,84
29	0,84	14	0,82	1	0,78	39	0,86
30	0,84	15	0,82	2	0,78	40	0,86
31	0,84	16	0,84	3	0,80	41	0,86
32	0,82	17	0,86	4	0,78	42	0,84
33	0,84	18	0,84	5	0,78	43	0,84
34	0,84	19	0,84	6	0,76	44	0,84
		20	0,84	7	0,78	45	0,82
		21	0,84	8	0,76	46	0,84
				9	0,75	47	0,82

(Lanjutan Tabel C5)

48	0,82
49	0,86
50	0,82
1	0,76
2	0,78
3	0,78
4	0,78
5	0,78
6	0,80
7	0,80
8	0,78
9	0,76
10	0,80
11	0,80
12	0,82
13	0,82
14	0,82
15	0,80
16	0,84
17	0,84
18	0,82
19	0,84
20	0,84
21	0,84
22	0,84
23	0,86
24	0,82
25	0,82
26	0,84
27	0,82
28	0,84
29	0,84
30	0,82
31	0,84
32	0,84
33	0,86
34	0,86
35	0,82

36	0,82
37	0,82
38	0,84
39	0,82
40	0,84
41	0,84
42	0,84
43	0,84
44	0,82
45	0,82
46	0,82
47	0,84
48	0,84
49	0,84
50	0,84
1	0,76
2	0,78
3	0,78
4	0,78
5	0,78
6	0,80
7	0,78
8	0,80
9	0,78
10	0,82
11	0,80
12	0,80
13	0,82
14	0,82
15	0,84
16	0,84
17	0,84
18	0,82
19	0,82
20	0,84
21	0,84
22	0,84
23	0,84

24	0,84
25	0,82
26	0,84
27	0,84
28	0,84
29	0,88
30	0,86
31	0,82
32	0,82
33	0,82
34	0,84
35	0,86
36	0,84
37	0,82
38	0,82
39	0,84
40	0,86
41	0,86
42	0,86
43	0,82
44	0,84
45	0,86
46	0,86
47	0,86
48	0,84
49	0,84
50	0,84
1	0,76
2	0,78
3	0,78
4	0,80
5	0,82
6	0,80
7	0,78
8	0,78
9	0,76
10	0,80
11	0,80

12	0,80
13	0,80
14	0,82
15	0,84
16	0,82
17	0,82
18	0,82
19	0,84
20	0,84
21	0,84
22	0,84
23	0,84
24	0,82
25	0,82
26	0,84
27	0,82
28	0,84
29	0,84
30	0,84
31	0,84
32	0,84
33	0,84
34	0,84
35	0,86
36	0,84
37	0,82
38	0,84
39	0,82
40	0,82
41	0,82
42	0,84
43	0,82
44	0,84
45	0,84
46	0,82
47	0,82
48	0,82
49	0,82

(Lanjutan Tabel C5)

50	0,84
1	0,75
2	0,78
3	0,78
4	0,78
5	0,80
6	0,80
7	0,80
8	0,80
9	0,75
10	0,78
11	0,78
12	0,80
13	0,80
14	0,82
15	0,80
16	0,80
17	0,82
18	0,82
19	0,84
20	0,82
21	0,82
22	0,82
23	0,82
24	0,84
25	0,84
26	0,82
27	0,82
28	0,82
29	0,84
30	0,84
31	0,84
32	0,82
33	0,82
34	0,82
35	0,82
36	0,82
37	0,80

38	0,82
39	0,82
40	0,82
41	0,84
42	0,82
43	0,84
44	0,84
45	0,82
46	0,82
47	0,82
48	0,82
49	0,82
50	0,82
1	0,76
2	0,82
3	0,78
4	0,78
5	0,80
6	0,80
7	0,80
8	0,80
9	0,76
10	0,78
11	0,80
12	0,80
13	0,80
14	0,80
15	0,82
16	0,82
17	0,82
18	0,82
19	0,84
20	0,84
21	0,82
22	0,82
23	0,84
24	0,84
25	0,82

26	0,82
27	0,84
28	0,84
29	0,84
30	0,84
31	0,82
32	0,84
33	0,84
34	0,84
35	0,84
36	0,84
37	0,82
38	0,84
39	0,84
40	0,84
41	0,84
42	0,82
43	0,82
44	0,84
45	0,84
46	0,84
47	0,82
48	0,82
49	0,84
50	0,82
1	0,76
2	0,78
3	0,80
4	0,80
5	0,78
6	0,78
7	0,78
8	0,80
9	0,76
10	0,78
11	0,80
12	0,80
13	0,80

14	0,80
15	0,82
16	0,82
17	0,86
18	0,82
19	0,84
20	0,84
21	0,84
22	0,84
23	0,82
24	0,82
25	0,84
26	0,84
27	0,84
28	0,82
29	0,82
30	0,82
31	0,84
32	0,84
33	0,84
34	0,82
35	0,84
36	0,84
37	0,82
38	0,84
39	0,82
40	0,84
41	0,84
42	0,82
43	0,86
44	0,84
45	0,82
46	0,82
47	0,82
48	0,84
49	0,82
50	0,82
1	0,76

(Lanjutan Tabel C5)

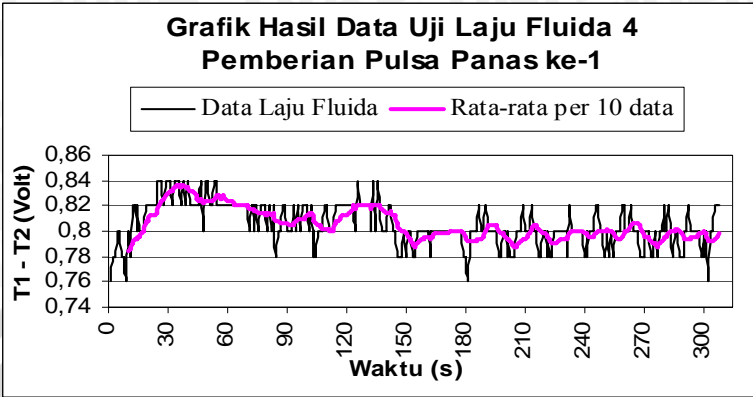
2	0,78
3	0,76
4	0,78
5	0,78
6	0,78
7	0,78
8	0,78
9	0,76
10	0,80
11	0,78
12	0,78
13	0,80
14	0,80
15	0,80
16	0,82
17	0,84
18	0,82
19	0,82
20	0,82
21	0,82
22	0,82
23	0,84
24	0,84
25	0,84
26	0,82
27	0,82
28	0,82
29	0,82
30	0,84
31	0,82
32	0,84
33	0,82
34	0,84
35	0,84
36	0,84
37	0,84
38	0,82
39	0,82

40	0,80
41	0,82
42	0,84
43	0,84
44	0,82
45	0,84
46	0,82
47	0,82
48	0,82
49	0,80
50	0,82

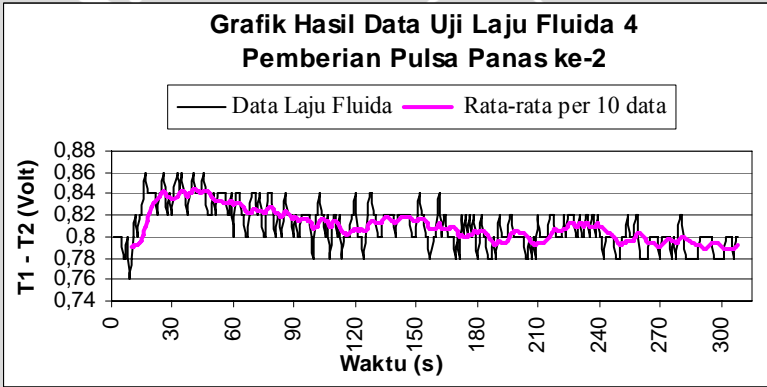
 Nilai awal

 Pemanas maksimum

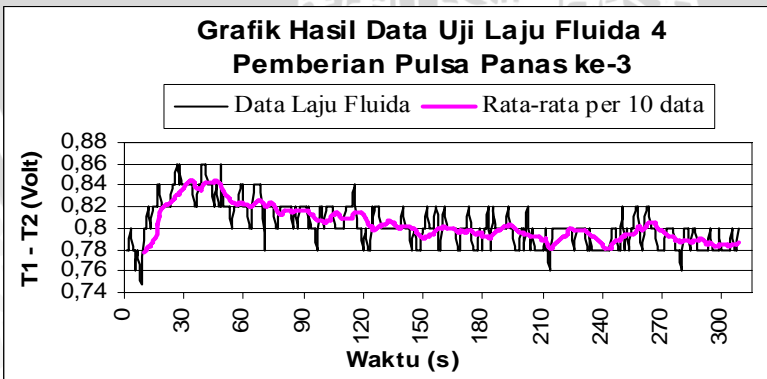




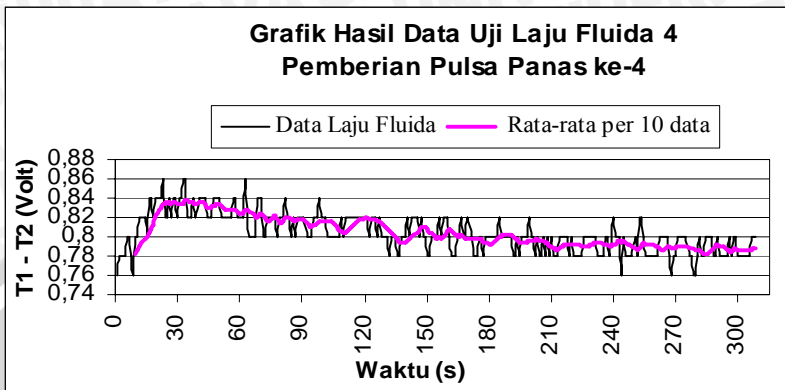
Gambar C.36 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 4 Pemanasan ke-1



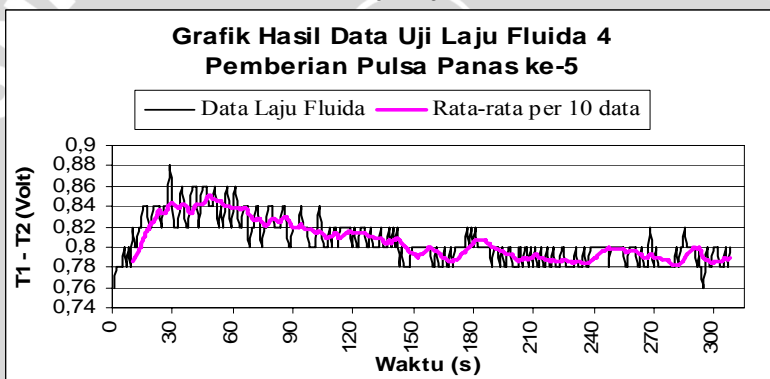
Gambar C.37 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 4 Pemanasan ke-2



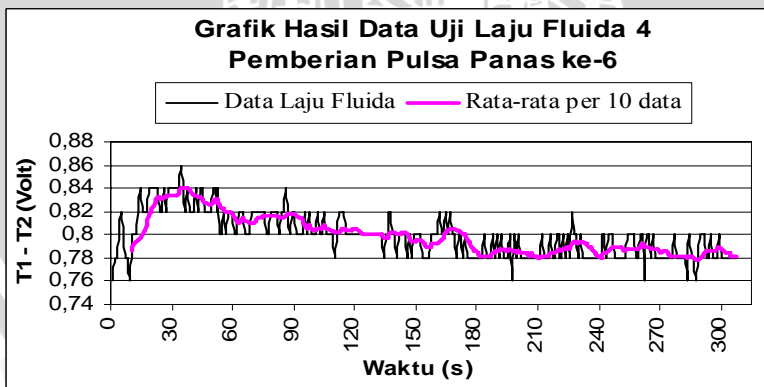
Gambar C.38 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 4 Pemanasan ke-3



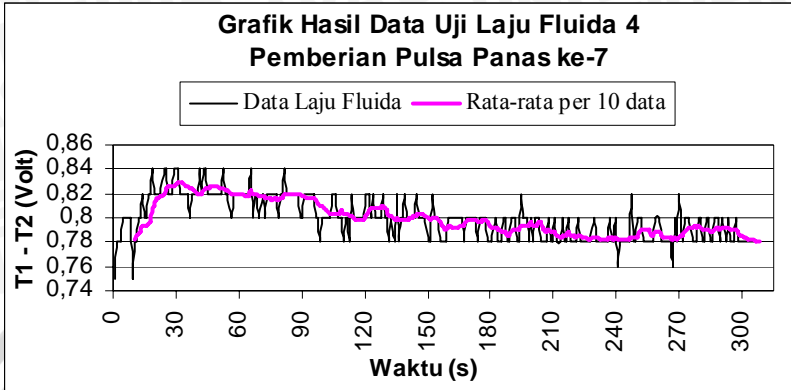
Gambar C.39 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 4 Pemanasan ke-4



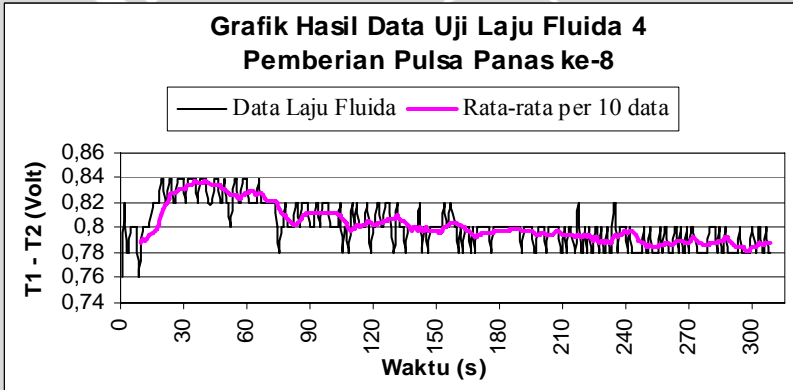
Gambar C.40 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 4 Pemanasan ke-5



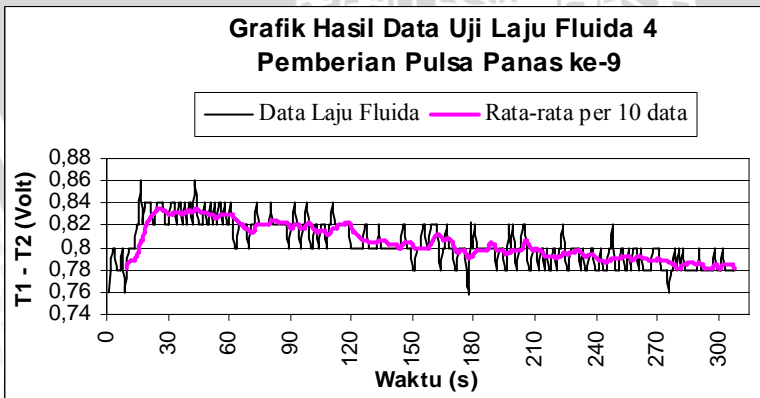
Gambar C.41 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 4 Pemanasan ke-6



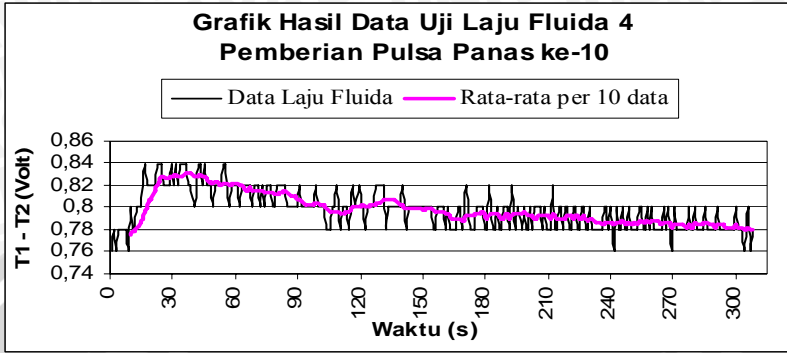
Gambar C.42 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 4 Pemanasan ke-7



Gambar C.43 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 4 Pemanasan ke-8



Gambar C.44 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 4 Pemanasan ke-9



Gambar C.45 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 4 Pemanasan ke-10



(Lanjutan Tabel C6)

50	0,94
1	0,82
2	0,82
3	0,82
4	0,82
5	0,82
6	0,84
7	0,84
8	0,84
9	0,84
10	0,84
11	0,86
12	0,86
13	0,86
14	0,92
15	0,92
16	0,92
17	0,92
18	0,92
19	0,94
20	0,96
21	0,96
22	0,96
23	0,98
24	0,98
25	1
26	0,98
27	0,98
28	0,98
29	0,96
30	0,96
31	0,96
32	0,96
33	0,96
34	0,96
35	0,96
36	0,96
37	0,96

38	0,98
39	0,96
40	0,96
41	0,94
42	0,94
43	0,94
44	0,94
45	0,94
46	0,96
47	0,96
48	0,94
49	0,94
50	0,92
1	0,84
2	0,84
3	0,84
4	0,82
5	0,82
6	0,82
7	0,84
8	0,86
9	0,86
10	0,84
11	0,86
12	0,88
13	0,9
14	0,9
15	0,94
16	0,96
17	0,94
18	0,96
19	0,96
20	0,98
21	0,98
22	0,98
23	0,96
24	0,96
25	0,98

26	0,98
27	0,98
28	0,98
29	0,96
30	1
31	1
32	0,98
33	0,98
34	0,94
35	0,96
36	0,98
37	0,98
38	0,96
39	0,96
40	0,96
41	0,94
42	0,96
43	0,98
44	0,96
45	0,96
46	0,94
47	0,92
48	0,94
49	0,94
50	0,94
1	0,86
2	0,84
3	0,84
4	0,84
5	0,82
6	0,82
7	0,84
8	0,84
9	0,84
10	0,82
11	0,82
12	0,88
13	0,88

14	0,88
15	0,88
16	0,88
17	0,94
18	0,94
19	0,94
20	0,92
21	0,92
22	0,94
23	0,96
24	0,94
25	0,94
26	0,94
27	0,96
28	0,98
29	0,96
30	0,94
31	0,94
32	0,96
33	0,96
34	0,94
35	0,94
36	0,96
37	0,94
38	0,92
39	0,94
40	0,96
41	0,94
42	0,92
43	0,96
44	0,94
45	0,92
46	0,92
47	0,92
48	0,92
49	0,92
50	0,92
1	0,86

(Lanjutan Tabel C6)

2	0,84
3	0,82
4	0,82
5	0,82
6	0,82
7	0,82
8	0,82
9	0,82
10	0,82
11	0,82
12	0,82
13	0,84
14	0,86
15	0,9
16	0,92
17	0,9
18	0,9
19	0,92
20	0,92
21	0,92
22	0,92
23	0,92
24	0,92
25	0,94
26	0,94
27	0,94
28	0,94
29	0,94
30	0,94
31	0,94
32	0,94
33	0,92
34	0,94
35	0,94
36	0,94
37	0,92
38	0,92
39	0,92

40	0,92
41	0,92
42	0,92
43	0,92
44	0,92
45	0,92
46	0,9
47	0,92
48	0,92
49	0,92
50	0,92
1	0,86
2	0,82
3	0,82
4	0,82
5	0,84
6	0,84
7	0,84
8	0,84
9	0,84
10	0,84
11	0,86
12	0,88
13	0,9
14	0,92
15	0,92
16	0,94
17	0,94
18	0,94
19	0,94
20	0,94
21	0,98
22	0,98
23	0,98
24	0,98
25	0,96
26	0,96
27	0,96

28	0,98
29	0,98
30	0,98
31	0,98
32	0,96
33	0,96
34	0,94
35	0,94
36	0,96
37	0,98
38	0,96
39	0,96
40	0,96
41	0,96
42	0,96
43	0,94
44	0,94
45	0,96
46	0,96
47	0,96
48	0,94
49	0,94
50	0,94
1	0,82
2	0,82
3	0,84
4	0,84
5	0,82
6	0,82
7	0,82
8	0,82
9	0,84
10	0,84
11	0,84
12	0,86
13	0,84
14	0,86
15	0,86

16	0,92
17	0,94
18	0,94
19	0,94
20	0,92
21	0,94
22	0,92
23	0,94
24	0,94
25	0,96
26	0,96
27	0,94
28	0,94
29	0,94
30	0,94
31	0,96
32	0,96
33	0,96
34	0,94
35	0,94
36	0,94
37	0,94
38	0,94
39	0,94
40	0,94
41	0,94
42	0,94
43	0,94
44	0,92
45	0,92
46	0,92
47	0,92
48	0,94
49	0,94
50	0,92
1	0,82
2	0,8
3	0,84

(Lanjutan Tabel C6)

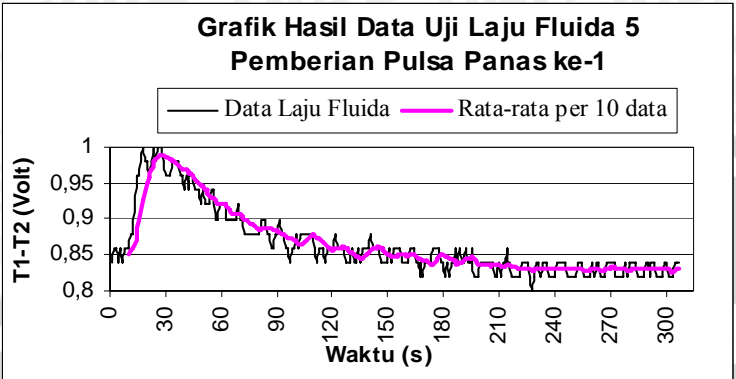
4	0,82
5	0,82
6	0,82
7	0,82
8	0,82
9	0,82
10	0,82
11	0,84
12	0,82
13	0,84
14	0,86
15	0,9
16	0,9
17	0,92
18	0,92
19	0,9
20	0,94
21	0,94
22	0,94
23	0,92
24	0,96
25	0,94
26	0,92
27	0,96
28	0,94
29	0,92
30	0,94
31	0,94
32	0,94
33	0,92
34	0,96
35	0,94
36	0,92
37	0,94
38	0,94
39	0,92
40	0,92
41	0,92

42	0,92
43	0,9
44	0,94
45	0,92
46	0,92
47	0,92
48	0,92
49	0,92
50	0,9

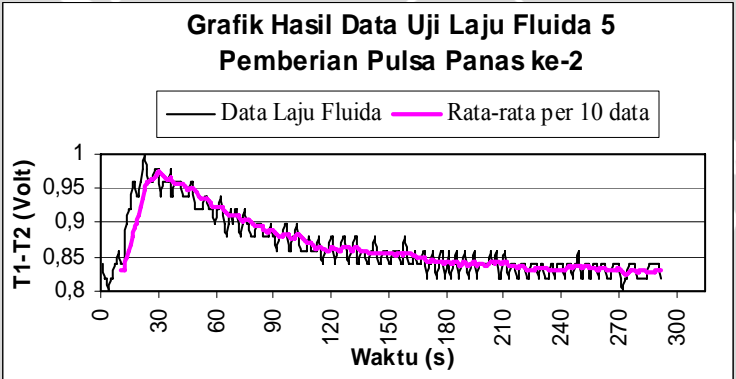
Nilai awal

Pemanas maksimum

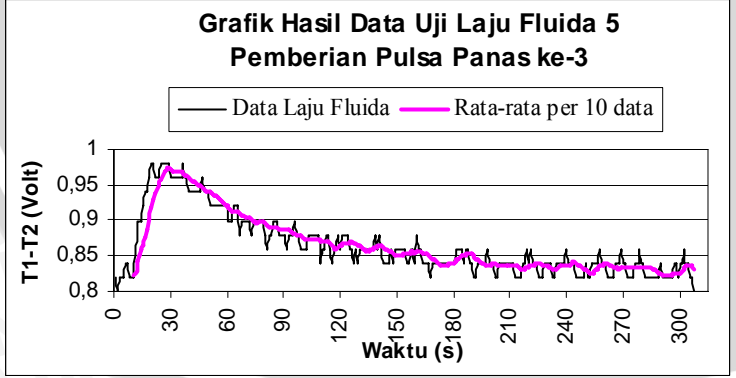




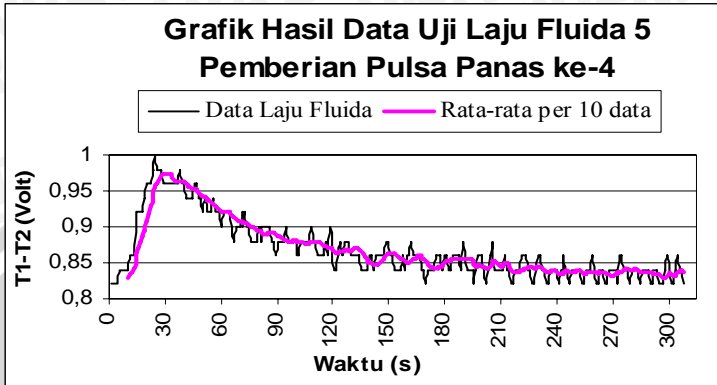
Gambar C.46 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 5 Pemanasan ke-1



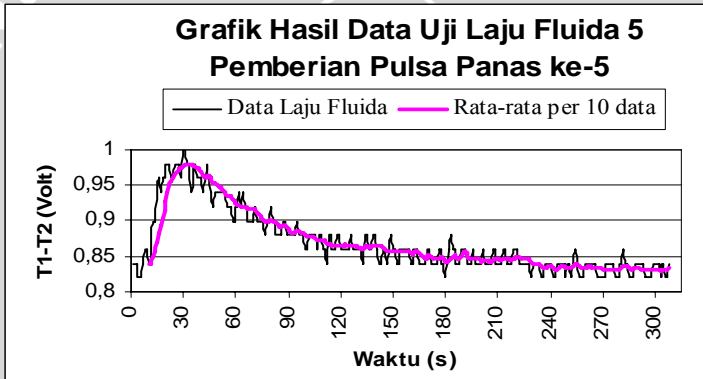
Gambar C.47 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 5 Pemanasan ke-2



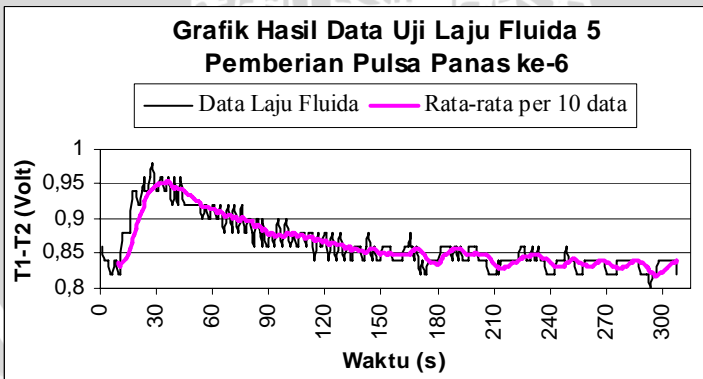
Gambar C.48 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 5 Pemanasan ke-3



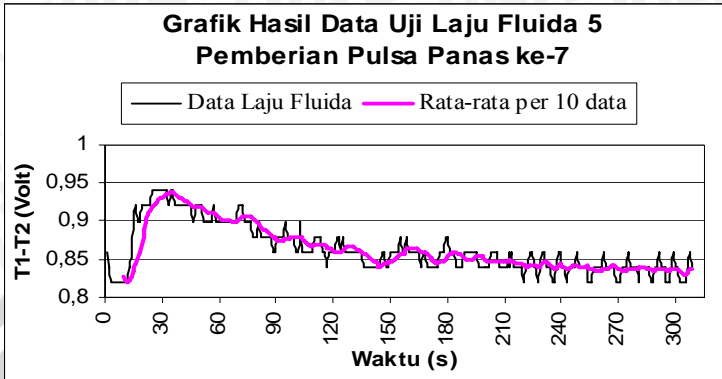
Gambar C.49 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 5 Pemanasan ke-4



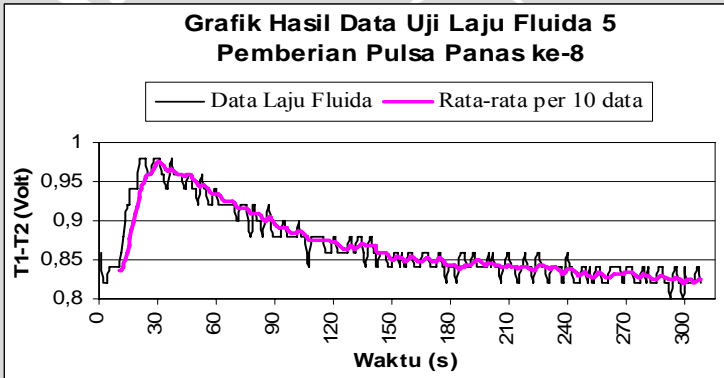
Gambar C.50 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 5 Pemanasan ke-5



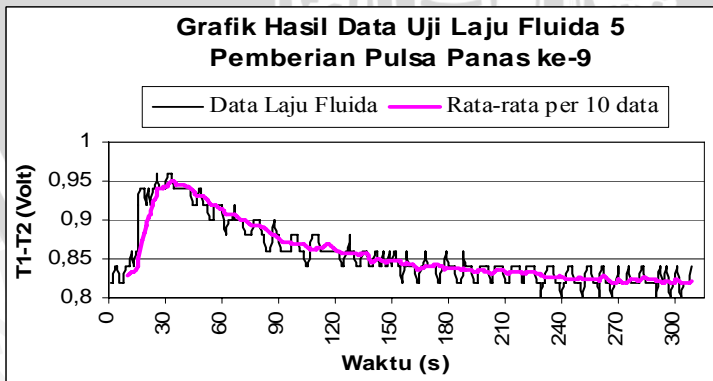
Gambar C.51 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 5 Pemanasan ke-6



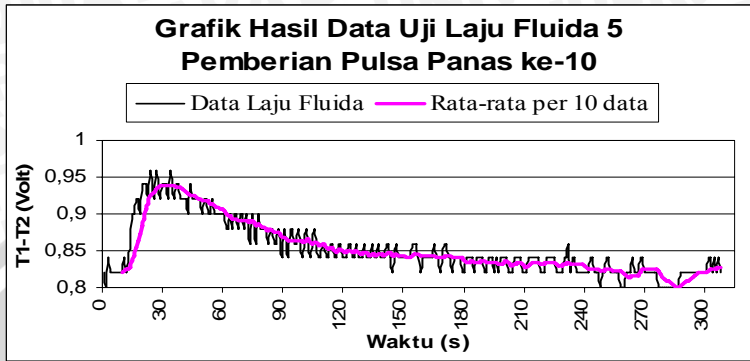
Gambar C.52 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 5 Pemanasan ke-7



Gambar C.53 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 5 Pemanasan ke-8



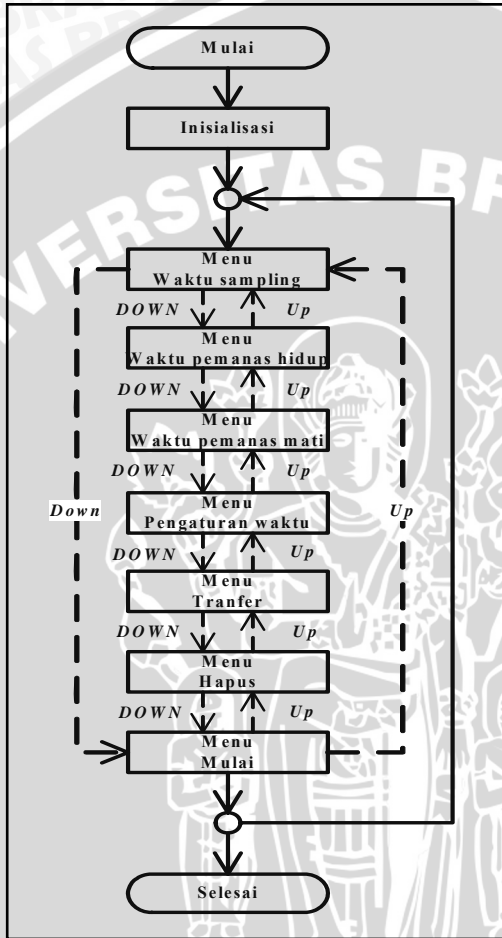
Gambar C.54 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 5 Pemanasan ke-9



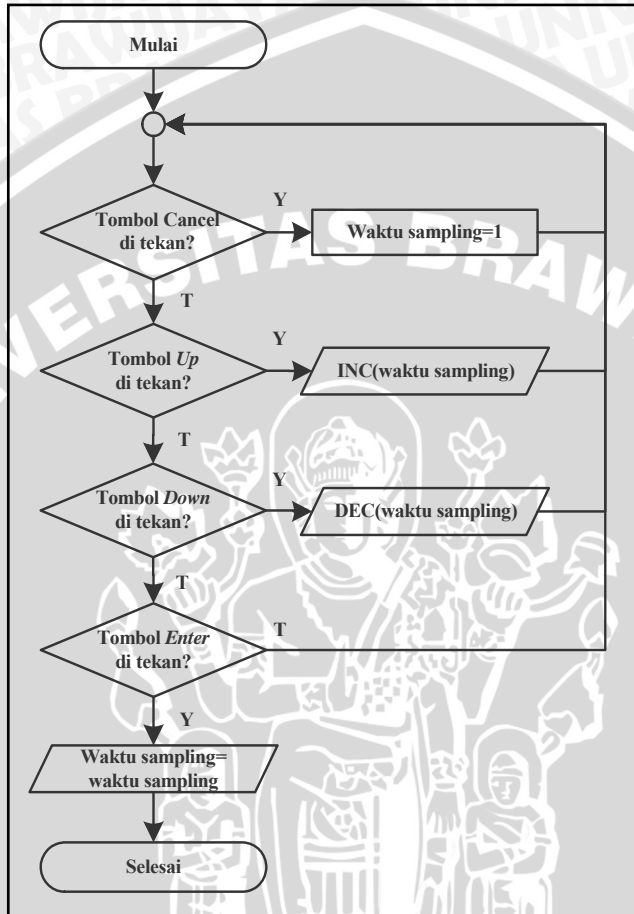
Gambar C.55 Grafik Hasil Uji Laju Fluida 5 Pemanasan ke-10



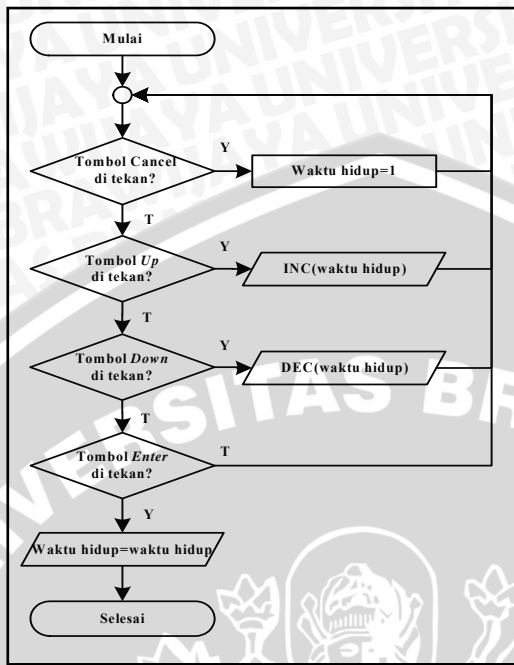
LAMPIRAN D: *FLOWCHART* MIKROKONTROLER



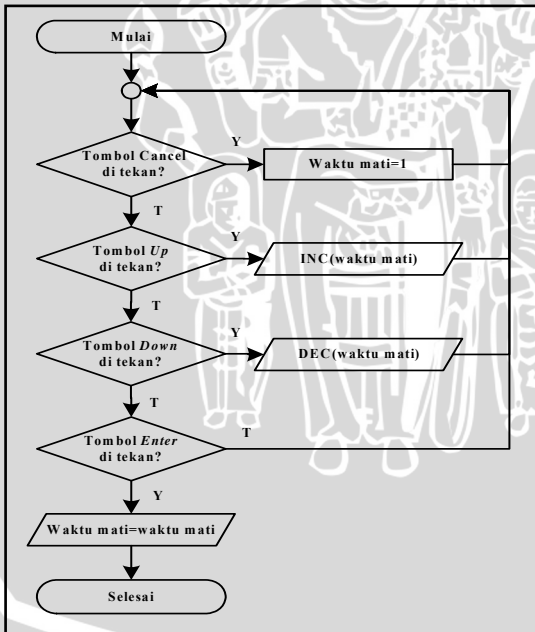
Gambar D.1. *FLOWCHART* PILIH MENU



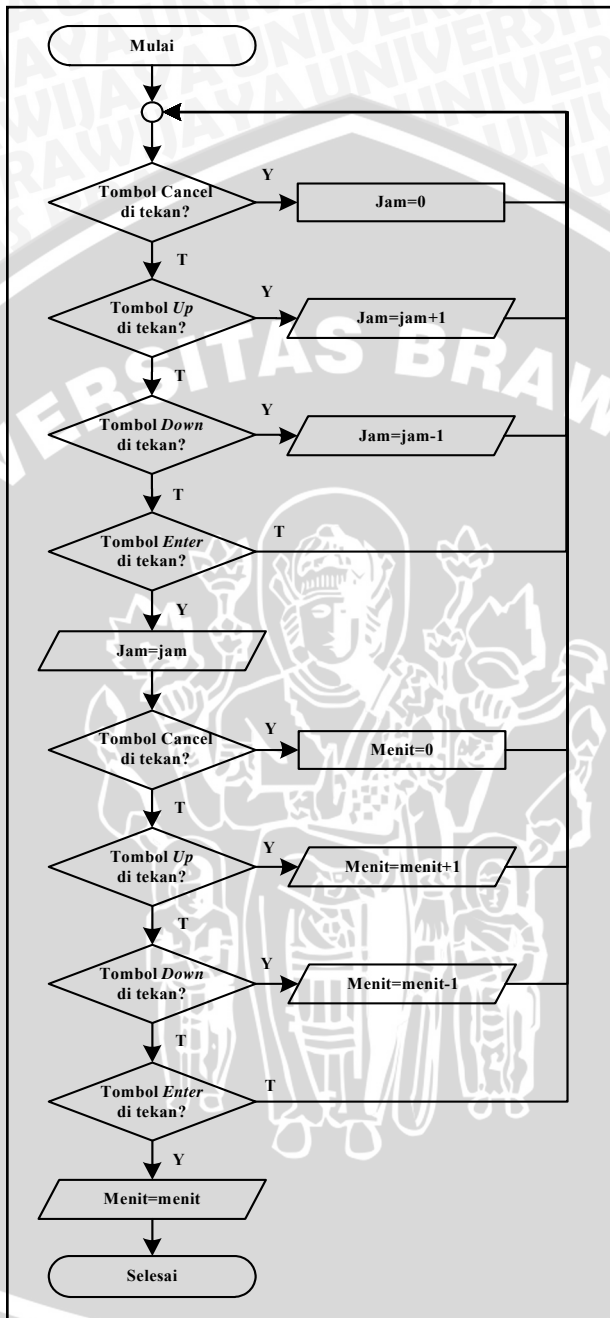
Gambar D.2. FLOWCHART MENU WAKTU SAMPLING



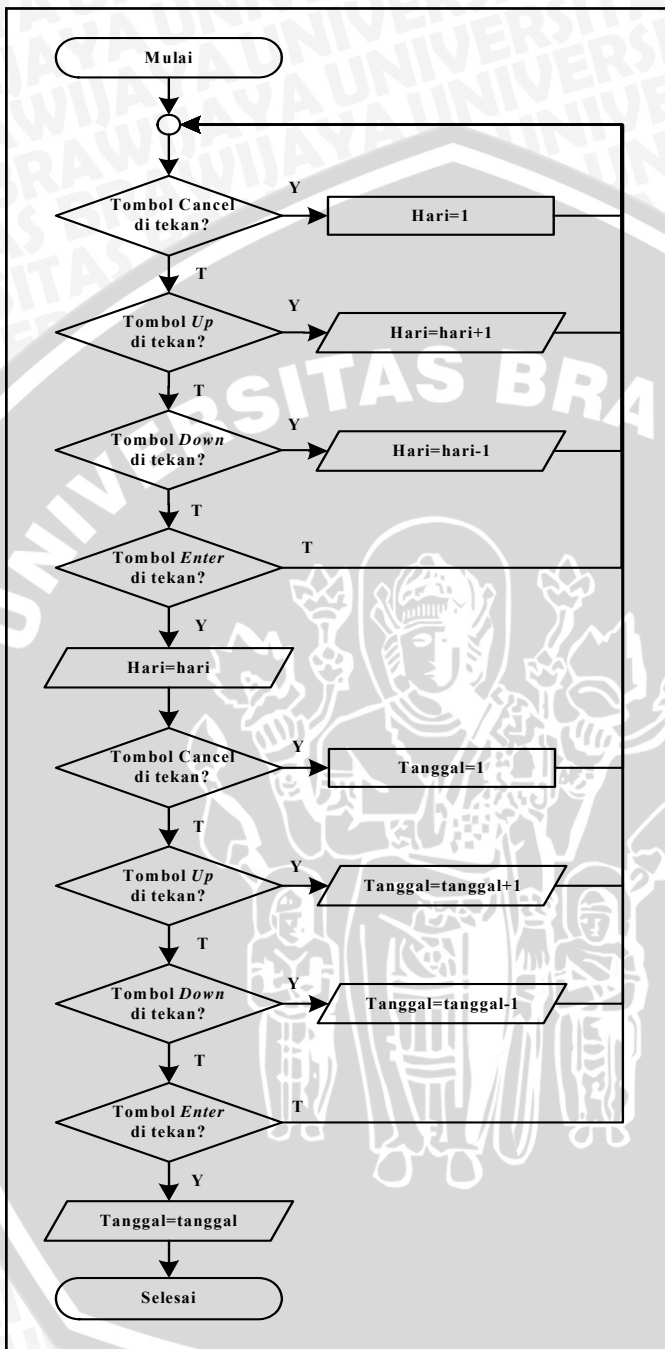
Gambar D.3. *FLOWCHART* MENU WAKTU PEMANAS HIDUP



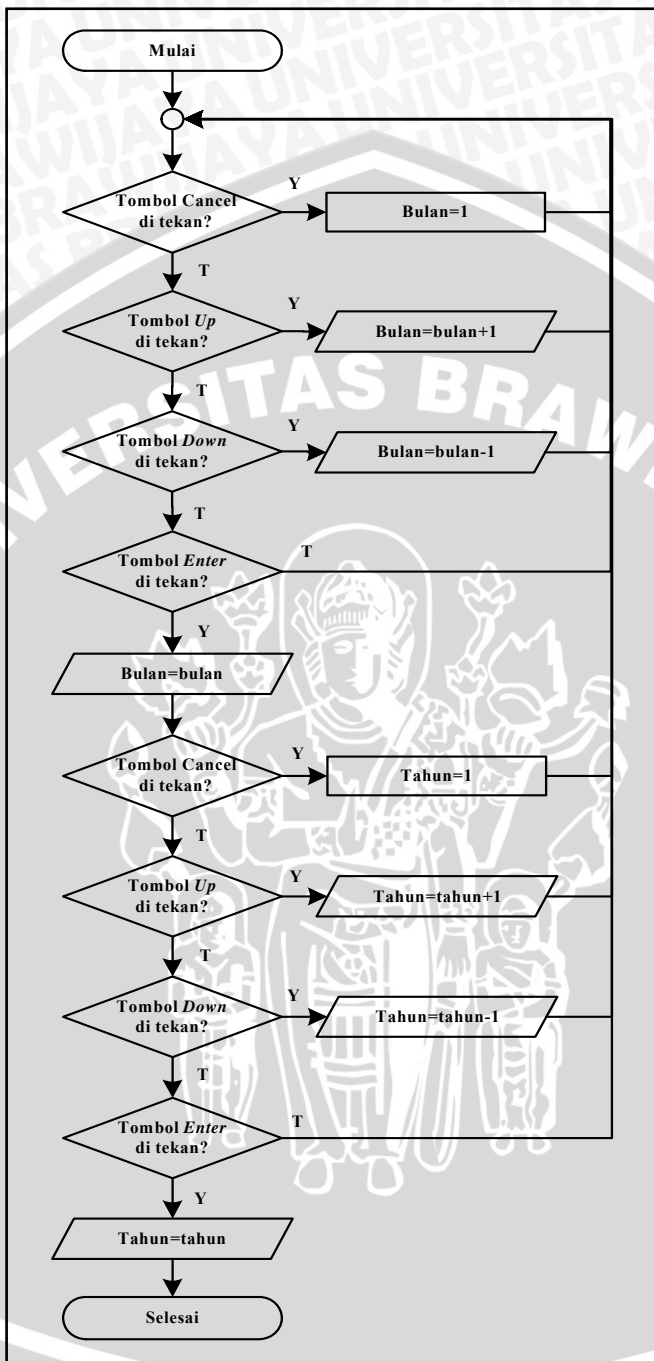
Gambar D.4. *FLOWCHART* MENU WAKTU PEMANAS MATI



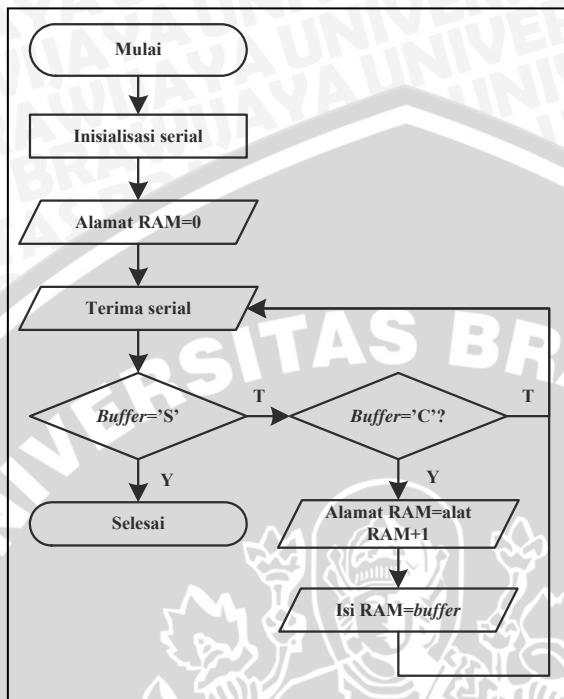
Gambar D.5. FLOWCHART MENU PENGATURAN WAKTU 1



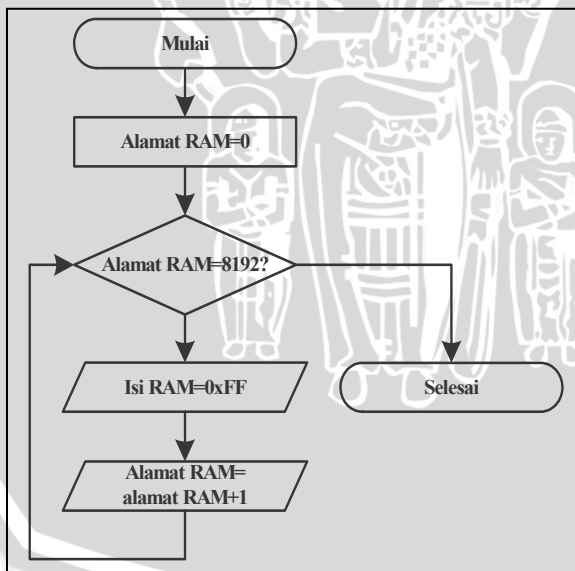
Gambar D.6. FLOWCHART MENU PENGATURAN WAKTU2



Gambar D.7. FLOWCHART MENU PENGATURAN WAKTU 3



Gambar D.8. *FLOWCHART* MENU TRANSFER



Gambar D.9. *FLOWCHART* MENU HAPUS