

PEMBUATAN ALAT MONITORING MESIN PENUKAR PANAS (*HEAT EXCHANGER*) UNTUK MENGANALISIS UNJUK KERJA DAN KARAKTERISTIKNYA

Heroe Poernomo
Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya
poernomo_heroe@yahoo.com

Abstrak

Heat Exchanger test adalah alat yang digunakan untuk mengetahui karakteristik dan performa dari suatu mesin penukar panas dengan jalan mengatur beban kerjanya. Data yang dikeluarkan dari Heat Exchanger test ini berupa beberapa temperatur yang dipasang pada komponen peralatan mesin penukar kalor yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan untuk menentukan prestasi kerja dan mendapatkan karakteristik dari mesin penukar panas tersebut. Permasalahan yang ada adalah dalam pengambilan data dan pengolahan data selama ini dilakukan secara manual yang akan berpengaruh pada ketepatan hasil perhitungan dan analisis unjuk kerja dari sistem penukar panas tersebut.

Untuk mengatasi permasalahan diatas, maka pada penelitian ini dibuat suatu sistem monitoring pembacaan data dan pengolahan data dengan bantuan komputer dengan jalan pembuatan alat interface, sehingga data dari mesin penukar kalor yang berupa data analog dapat dirubah menjadi data digital. Data yang telah berbentuk digital baru dapat dilakukan proses perhitungan dan analisa dengan bantuan software tertentu dalam komputer.

Dari hasil percobaan didapatkan hasil pengukuran dengan alat monitoring ini cukup akurat mendekati sama dengan alat indikator mesin dengan selisih sekitar 0.3°C . Dari hasil perhitungan dan analisis data didapatkan beberapa karakteristik dari mesin penukar kalor yang diukur, antara lain semakin besar beban pada mesin penukar kalor dan laju aliran air pendingin tetap maka panas yang dibebaskan akan semakin naik pula, sehingga menyebabkan nilai efisiensi mesin akan semakin turun. Sedangkan saat variasi laju aliran air pendingin dan laju aliran oli yang didinginkan konstan, panas yang dibebaskan dan efisiensi semakin naik, sedangkan LMTD semakin turun.

Kata kunci: *Heat plates exchanger test, interface, efisiensi mesin, Karakteristik, sistem monitoring, data digital*

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia permesinan kapal, alat penukar panas (*Heat Exchanger*) mempunyai peranan yang sangat penting dalam menunjang kerja sistem pendinginan dari *main engine* dan *auxiliary engine* di kapal. Karena peranannya yang begitu penting maka diperlukan suatu sistem untuk memonitor kerja dari alat ini agar tetap berfungsi dengan baik. *Heat Exchanger test* adalah alat yang dibuat untuk mengetahui karakteristik dan performa dari suatu mesin penukar panas dengan jalan mengatur sistem berdasarkan pada beban kerjanya. Dari Heat Exchanger test ini

akan didapatkan data berupa beberapa data temperatur yang diukur dari beberapa sensor yang dipasang pada komponen peralatan mesin penukar kalor. Data tersebut nantinya akan digunakan dalam perhitungan untuk mengetahui prestasi kerja dari pengaruh perubahan beban heat oil terhadap oil cooler dan pengaruh perubahan kapasitas media pendingin dalam menentukan daerah operasional yang optimum sebagai indikator unjuk kerja dari mesin penukar panas. Data tersebut didapatkan dengan jalan pengaturan beberapa variable antara lain perubahan beban panas dan laju aliran fluida pendingin. Data-data tersebut selanjutnya harus di plot kedalam perhitungan

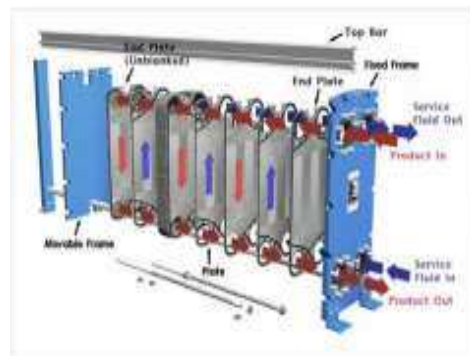
LMTD secara manual, setelah itu baru dapat dilakukan perhitungan unjuk kerja dan efisiensi sistem. Yang menjadi permasalahan adalah dalam pengambilan data dan pengolahan data yang secara manual tentunya akan sedikit banyak berpengaruh pada ketepatan hasil perhitungan dan analisa unjuk kerja dari system penukar panas tersebut.

Untuk mengatasi permasalahan diatas, maka pada penelitian ini akan dibuat suatu system monitoring pembacaan data dan pengolahan data dengan bantuan komputer dengan jalan pembuatan interfacing alat, sehingga data dari mesin penukar kalor yang berupa data analog dapat dirubah menjadi data digital. Data yang telah berbentuk digital baru dapat dilakukan proses perhitungan dan analisa dengan bantuan software tertentu dalam komputer. Dengan bantuan komputer dalam pengolahan data, diharapkan dapat memperkecil kesalahan pembacaan data sehingga perhitungan dan analisa data untuk menentukan unjuk kerja mesin dapat lebih akurat. Selain itu dengan system monitoring ini dapat mempermudah seorang operator dalam melakukan evaluasi kerja mesin penukar kalor. Dengan hanya melihat ke layar komputer operator mesin dapat melakukan simulasi kerja mesin dan dapat mengetahui unjuk kerja semua peralatan pendukung mesin penukar kalor.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Perpindahan Panas

Heat Exchanger adalah suatu alat bantu permesinan yang berfungsi untuk menukarkan panas. Panas dapat mengalir dari temperatur tinggi ke tempratur yang lebih rendah. Ilustrasi seperti pada gambar 1 dibawah ini:

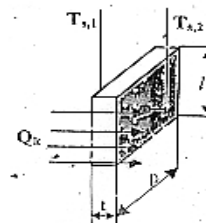


Gambar 1. Mesin penukar kalor jenis heat plate

Perpindahan panas dapat terjadi melalui media padat maupun fluida yang diam (konduksi), melalui fluida yang bergerak (konveksi) maupun tanpa melalui media (Radiasi). Radiasi terjadi jika ada dua benda dengan beda temperature yang tinggi.

Tiga proses perpindahan tersebut diilustrasikan dan dirumuskan sebagai berikut :

1. Konduksi



Gambar 2. Perpindahan Panas Konduksi

Jika suatu plat dengan tebal t memiliki beda temperature permukaannya $T_{s1} > T_{s2}$ dengan luas penampang frontal $A = p \times l$ maka jumlah kalor yang mengalir dari 1 ke 2 adalah :

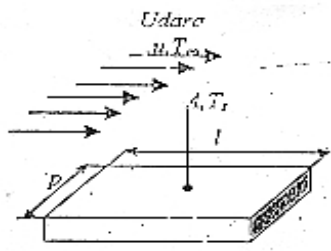
$$Q_{kond} = k \cdot A \cdot (T_{s1} - T_{s2}) / t \dots\dots (2.1)$$

Dimana konduktivitas termal (k) tergantung bahan plat tersebut.

2. Konveksi

Jika suatu plat dengan luas permukaan $A = p \times l$ dengan temperature permukaan T_s dilewati fluida dengan kecepatan u dan temperature T_∞ maka terjadi perpindahan panas dari permukaan plat ke udara jika $T_s > T_\infty$ yang besarnya :

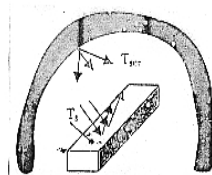
$$Q_{konv} = h \cdot A \cdot (T_s > T_\infty) \dots\dots\dots (2.2)$$



Gambar 3. Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas dapat terjadi dari fluida ke permukaan plat. Koefisien konveksi h tergantung pada kecepatan fluida u dan properties fluidanya. Konveksi dibedakan menurut aliran fluidanya, jika fluida bergerak secara natural akibat perbedaan temperature antara fluida yang kontak dengan permukaan plat dengan fluida yang relative jauh dari plat (fluida relative diam) maka disebut Natural Convection tetapi jika fluida mengalir dengan kecepatan tertentu u maka disebut Force Convektion.

3. Radiasi



Gambar 4. Perpindahan Panas Radiasi

Suatu batang dengan tingkat emisifitas ϵ dengan temperature T_s berada dalam lingkungan yang bertemperatur T_{sur} , dimana $T_s \gg T_{sur}$ maka terjadi perpindahan panas radiasi :

$$Q_{rad} = \sigma \cdot \epsilon \cdot A \cdot (T_s^4 - T_{sur}^4) \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

A : luas penampang batang yang terexpose
 σ : konstanta Stefan Boltzman

2.2 Tahanan Termal

Dari ketiga perumusan tersebut terlihat bahwa laju aliran perpindahan panas persatuan luas tergantung dari beda temperature dan media

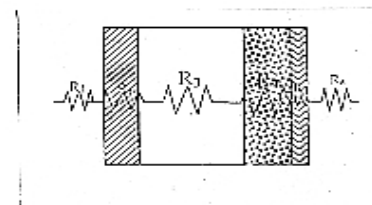
yang dilaluinya. Hal tersebut analog dengan arus listrik (laju aliran muatan listrik persatuan luas penghantar) tergantung dengan beda potensial antara ujung penghantar dan bahan hantaran.

$$q_{kond} = Q_{kond} / A = K \cdot (T_{s1} - T_{s2}) / t \dots (3.4)$$

$$q_{konv} = Q_{konv} / A = h \cdot (T_s - T_{\infty}) / t \dots (3.5)$$

$$i = q / A = \Delta V / R \dots \dots \dots (3.6)$$

Dari keanalogkan tersebut dapat diturunkan persamaan tahanan termal suatu bahan $R_{kond} = t / K$ dan $R_{konv} = 1 / h$. dengan pedekatan tersebut, jika panas mengalir melalui dinding yang berlapis dengan berbagai konfigurasi maka besarnya laju perpindahan panasnya dapat ditentukan. Contoh ; suatu dinding kapal dengan konfigurasi sebagai berikut :



Gambar 5. Susunan dinding kapal

Dinding luar tercelup air laut dengan koefisien konveksi h_1 sehingga $R_1 = 1/h_1$, dinding luar terbuat dari plat baja dengan tebal t_2 dan konduktivitas termal K_2 sehingga $R_2 = t_2/K_2$, lapisan ketiga isolasi glass wol dengan tebal t_3 dan konduktivitas termal k_3 sehingga $R_3 = t_3/K_3$, lapisan ke-empat hard flex dengan tebal t_4 dan konduktivitas termal k_4 sehingga $R_4 = t_4/K_4$, dinding dalam ruangan menghadap ke udara luar dengan koefisien konveksi h_6

Tahanan total dinding tersebut adalah :

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 = 1/h_1 + t_2/K_2 + t_3/K_3 + t_4/K_4 + t_5/K_5 + 1/h_6 \dots \dots \dots (3.7)$$

Dari perumusan tersebut dapat digunakan untuk menghitung jumlah kalor yang mengalir persatuan luas dinding jika temperature air dan temperature udara ruangan diketahui

$$q = (T_a - T_u) / R_t \dots \dots \dots (3.8)$$

dimana T_a adalah temperature air dan

T_u adalah temperature udara ruangan.

Jika rumus tersebut dikembalikan ke rumus dasar $q = h (T_2 - T_1)$, maka didapatkan koefisien perpindahan panas menyeluruh (baik konveksi

maupun konduksi tiap lapis dinding) : U sehingga
 $U = 1/Rt$

$$U = 1/ (1/h1+ t2/K2 + t3/K3 + t4/K4 + t5/K5 + 1/h6).....(3.9)$$

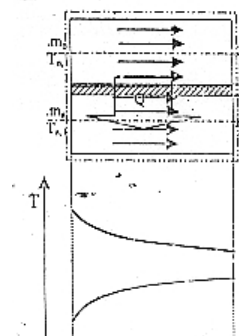
$$Q = U .A .(Ta - Tu).....(3.10)$$

Nilai U sangat penting didalam menentukan berapa jumlah panas dari luar yang masuk ke dalam ruangan.

2.3 Penukaran Panas (Heat Exchanger)

Alat penukar panas adalah suatu alat bantu permesinan yang berfungsi memindahkan panas dari suatu media ke media yang lain. Contoh oil cooler ; panas dari engine dipindahkan ke minyak pelumas (oil) kemudian panas dari oil dipindahkan dari oil ke air

Cara kerja Alat Penukar Panas (Heat Exchanger) adalah sebagai berikut :



Gambar 6. Proses Pertukaran Panas

Dua buah fluida oil dan air mengalir paralel dan dipisahkan oleh dinding dengan tebal tp dimana temperature oil masuk $To,1 >$ temperature air masuk $Ta,1$ sehingga terjadi perpindahan panas dari oil ke air sehingga pada posisi 2 $To,2 >$ $Ta,2$ sedangkan $To,1$ turun menjadi $To,2$ sedangkan $Ta,1$ naik temperaturnya menjadi $Ta,2$. Jika diasumsikan tidak ada panas yang hilang ke lingkungan maka besarnya panas yang dilepas oil $Q0 =$ panas yang diterima air Qa

$$Qo = Qa.....(3.11)$$

$$m_o . Cp.o .(To,2 - To,1) = m_a .Cp.a .(Ta,2 - Ta,1)(3.12)$$

dimana Cp adalah panas spesifik, dari penelitian terlihat bahwa perpindahan panas pada setiap titik berubah-ubah. Sehingga rumus 3.10 tidak mungkin diaplikasikan karena $To - Ta$ pada setiap posisi tidak sama, untuk itu selisih temperaturnya didekati dengan selisih temperature rata

laogaritmis (LMTD = Log Mean Temperature Difference) sehingga rumus 3.10 menjadi :

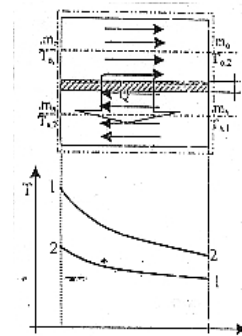
$$Q = U .A . LMTD.....(3.13)$$

Dimana :

$$LMTD = [(To2 - Ta2) - (To1 - Ta1)] / [\ln \{ (To2 - Ta2) / (To1 - Ta1) \}].....(3.14)$$

Rumus diatas digunakan untuk merancang alar penukar panas dimana jika kapasitas perpindahan panas diketahui maka dapat ditentukan baesarnya luas permukaan perpindahan panas total : A

Dua buah fluida oil dan air mengalir paralel dan dipisahkan oleh dinding dengan tebal tp dimana temperature oil masuk $To,1 >$ temperature air masuk $Ta,2$ sehingga terjadi perpindahan panas dari oil ke air sehingga pada posisi 2 $To,2 >$ $Ta,1$ sedangkan $To,1$ turun menjadi $To,2$ sedangkan $Ta,1$ naik temperaturnya menjadi $Ta,2$.



Gambar 7. Proses Pertukaran Panas aliran berlawanan

Pada aliran berlawanan temperature air yang keluar bisa lebih tinggi dari temperature oli keluar, sehingga alat penukar panas ini digunakan bila temperature media yang tersedia tidak terlalu rendah, dengan konsekuensi pada kapasitas yang sama dimensinya sedikit lebih besar dibandingkan dengan aliran paralel.

2.4 Tranducer sebagai Elemen Sistem Instrument dan Pengendali Elektronik

Transducer adalah salah satu elemen penting pada sistem Instrumentasi dan Pengendali. Untuk sistem instrumentasi dan pengendali elektronik pada dasarnya terdiri dari tiga bagian

pokok. Bagian-bagian pokok sistem instrumentasi dan pengendali elektronik tersebut adalah bagiab input, bagian pengkondisi sinyal/proessor, dan bagian output. Ketiganya dapat bersama-sama melakukan proses pengendalian dan menampilkan hasilnya baik digital maupun analog.

Bagian input memungut besaran atau parameter nonlistrik yang terukur dan mengirimkan dalam bentuk besaran listrik yang sesuai kebagian pengkondisi sinyal. Bagian pengkondisi sinyal melakukan proses mengkondisikan sinyal masukan ke dalam suatu format tertentu. Pengkondisian dapat berupa operasi aritmatik maupun logik. Selanjutnya sinyal yang sudah terkondisi dapat ditampilkan melalui bagian keluaran atau untuk melakukan proses gerak mekanik sebuah mesin. Bagian output berfungsi untuk menampilkan sinyal keluaran baik berupa tampilan analog atau digital. Bentuk keluaran dapat berupa tampilan display sevent segment, LED, dan meter atau perekam grafik.

2.4.1. Klasifikasi Transducer

Klasifikasi transducer berdasarkan pada kelistrikannya dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Transducer Pasif

Transducer ini dapat menghasilkan tegangan sendiri tetapi dapat menghasilkan perubahan nilai resistansi, kapasitansi, atau induktansi apabila mengalami perubahan kondisi sekeliling.

Ada tiga jenis transducer pasif yang dapat diperoleh dipasaran, yaitu transducer kapasitif, transducer induktif, dan transducer photo.

2. Transducer Aktif

Transducer ini tidak memerlukan daya eksternal. Transducer ini malah dapat menghasilkan energi listrik.

2.4.2. Jenis-jenis Transducer

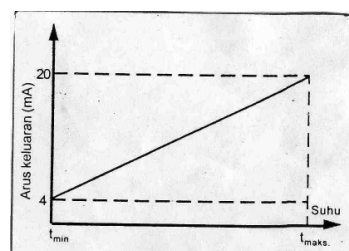
Banyak terdapat transducer yang diciptakan sesuai dengan kebutuhan dunia industri, yaitu :

Transducer Temperatur

1. Thermocouple

Salah satu transducer yang dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan temperatur adalah thermokopel. Thermokopel mempunyai kegunaan yang luas sebagai alat ukur suhu,

terutama pengukuran suhu tinggi. Suhu yang digunakan pada proses industri kadang-kadang lebih tinggi dari 3000°F. Rentang suhu antara 2000° F sampai dengan 3000°F biasanya digunakan pada industri baja, gelas, dan keramik. Meskipun demikian, thermokopel juga dapat digunakan untuk mengukur suhu rendah dengan baik. Selain itu, suhu gas atau cairan serendah -300o F masih dapat terukur.



Gambar 8 Kurva hubungan suhu terhadap arus keluaran

2. Thermistor dan RTD (Resistance Temperatur Detectors)

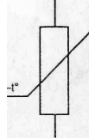
Thermistor atau thermal resistor atau thermal sensitive resistor adalah suatu jenis resistor yang sensitif terhadap perubahan suhu. Adapun RTD adalah suatu resistor yang digunakan untuk mendeteksi perubahan resistansi sebuah penghantar atas perubahan suhu padanya.

a. Thermistor

Prinsip kerja thermistor adalah memberikan perubahan resistansi yang sebanding dengan perubahan suhu. Umumnya kata thermistor digunakan untuk pengertian yang lebih luas, yaitu komponen elektronik dari bahan semikonduktor yang mempunyai koefisien suhu negatif

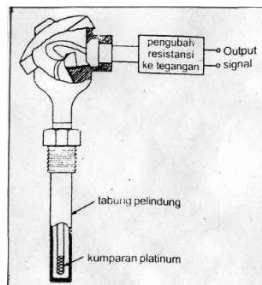
Thermistor mempunyai sensitivitas lebih tinggi daripada thermokopel atau RTD. Thermistor sering digunakan sebagai sensor suhu, komponen komponen rangkaian kompensasi perubahan suhu atau alat pengaman pemanasan lebih. Perubahan resistansi yang besar terhadap perubahan suhu yang relative kecil menjadikan thermistor banyak dipakai

sebagai sensor suhu yang mempunyai ketelitian dan ketepatan tinggi.



Gambar 9 Simbol termistor

- b. Resistance Temperatur Detector (RTD)
RTD dibuat dari sebuah kumparan kawat platinum pada papan pembentuk dari bahan isolator. Selain itu, RTD mempunyai film platinum pada lapisan bawah berupa bahan alumina. RTD dapat digunakan sebagai sensor suhu yang mempunyai ketelitian 0.03°C dibawah 500° dan 0.1°C diatas 1000° .



Gambar 10. Resistance Temperatur Detector

Transducer Temperatur Semikonduktor (ICLM 35)Terdapat dua katagori transducer temperatur semikonduktor, yaitu transducer yang menghasilkan tegangan tertentu sesuai dengan perubahan suhu dan transducer yang menghasilkan arus tertentu sesuai dengan perubahan suhu.

2.4.3. Mikrokontroler AT 89S51

A. Pengenalan Mikrokontroler

Mikrokontroler ialah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program didalamnya. Mikrokontroler umunya terdiri dari CPU, memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti Analog to Digital Converter (ADC) yang sudah terintegrasi didalamnya. Kelebihan utama mikrokontroler ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O

pendukung sehingga ukuran board mikrokontroler menjadi sangat ringkas.

Mikrokontroler dapat disebut sebagai "one chip solution", karena terdiri dari :

- CPU (Central Processing Unit)
CPU adalah bagian yang paling penting dari suatu mikroprosesor, ia melakukan pemrosesan data.
- RAM (Random Access Memory)
RAM digunakan untuk menyimpan data sementara.
- EPROM / PROM / ROM (Erasable Programmable Read Only Memory)
ROM digunakan untuk menyimpan program yang bersifat permanent
- I/O (input/output) – serial and parallel
Unit ini berfungsi agar mikrokontroler dapat berkomunikasi dalam format serial atau paralel, sehingga dapat berkounikasi.
- Timers
Timers berguna untuk mengatur waktu pada sistem berbasis mikrokontroler, misal untuk delay atau pencah.
- Interrupt controller
Berfungsi menangani suatu request pada saat mikrokontroler sedang running.

Memang benar, bahwa mikrokontroler digunakan untuk orientasi pengontrolan, seperti pengontrol temperatur, penampil display LCD, pemproses sinyal digital, pemproses dan pengontrol mesin-mesin industri dan sebagainya.

B. Mikrokontroler AT 89S51

Mikrokontroler AT 89S51 merupakan versi terbaru dibandingkan mikrokontroler AT 89S51 yang telah banyak digunakan saat ini. Mikrokontroler AT 89S51 ialah mikrokontroler CMOS 8 bit dengan 8 KB Flash Programmable dan Erasable Read Only Memory (PEROM). Mikrokontroler berteknologi memori non volatile kerapatan tinggi dari Atmel ini kompatibel dengan mikrokontroler standar industri MCS-51 baik pin kaki IC maupun set instruksinya serta harganya yang cukup murah.



Gambar 11. Rangkaian mikrokontroller AT 89S51

AT 89S51 mempunyai memori yang disebut sebagai memori data internal. Memori data internal terdiri dari RAM internal sebesar 128 byte dengan alamat 00H – 7FH dapat diakses menggunakan RAM address register. RAM internal ini terdiri dari Register Banks dengan 8 buah register (R0 – R7). Memori lain yaitu 21 buah Special Function Register dimulai dari alamat 80H – FFH. RAM ini berbeda lokasi dengan Flash PEROM dengan alamat 000H-7FFh.

2.4.4. Rangkaian ADC 0808

Rangkaian ADC 0808 ini berfungsi sebagai pengubah masukan sinyal analog menjadi sinyal digital untuk proses dalam mikrokontroler. ADC 0808 memiliki 8 bus input analog yang diakses secara multiplex. 8 buah input analog tersebut masing-masing mempunyai alamat memori yang berbeda-beda.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pembuatan alat ini (Heat Plate Exchanger test) bertujuan utama untuk mendapatkan karakteristik dan unjuk kerja (performance) mesin penukar kalor secara akurat. Pemasangan interfacing dari alat ke komputer bertujuan untuk mendapatkan data yang terbaca di side indicator agar dapat diolah dan diproses dalam komputer. Dengan kondisi tersebut diharapkan hasil analisa unjuk kerja dari sistem penukar kalor yang akurat.

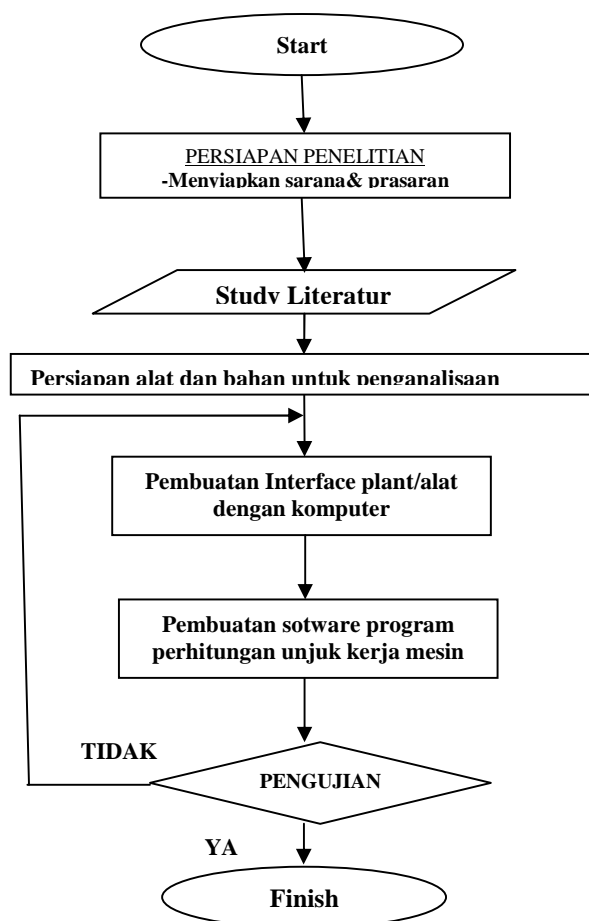
Sistem monitoring mesin penukar kalor ini terdiri dari peralatan hardware dan software. Bagian tersebut antara lain:

1. Bagian hardware terdiri atas 5 sensor temperatur tipe thermocouple, ADC (Analog to Digital converter), mikrokontroler, sistem

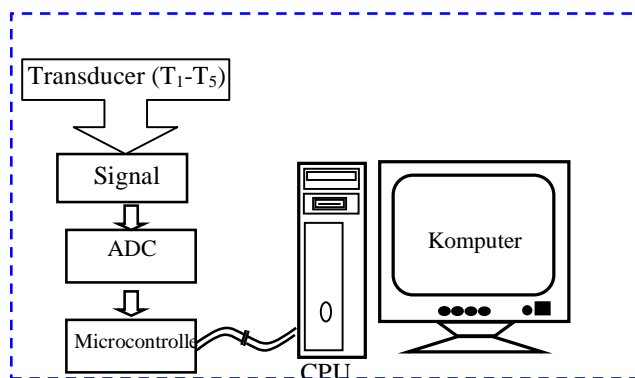
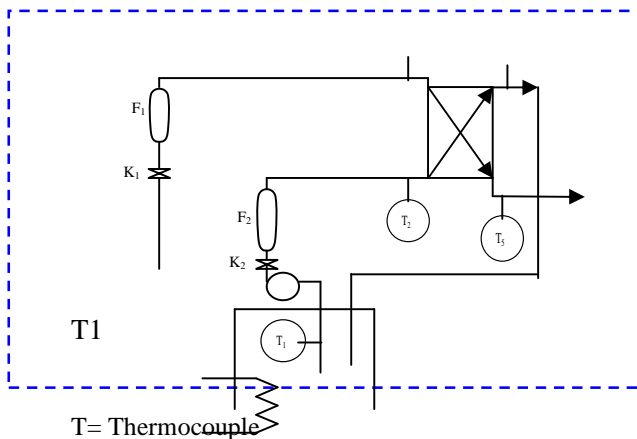
koneksitas secara paralel dan plant mesin Heat Plate Exchanger test.

2. Sedang software berupa program perhitungan unjuk kerja mesin penukar kalor dengan menggunakan bahasa pemrograman delphi dengan membuat data base sifat properties dari minyak oli.

Komponen-komponen yang menjadi bagian dari rancangan monitoring Heat Plate Exchanger ini akan dirangkai sebagaimana pada gambar 14 . Tahapan atau langkah-langkah yang akan ditempuh untuk pembuatan prototype sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 12. Diagram Alur Rancangan sistem Monitoring alat penukar kalor



Gamba 13. Manufaktur prototipe sistem



Gambar 14. Perangkat interface dan penempatan sensor temperatur

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengukuran dengan alat monitoring test dan indikator temperatur di mesin heat exchanger pada umumnya menunjukkan besar temperatur yang tidak terlalu berbeda jauh. Sebagai contoh pada pengukuran di titik T_2 untuk pengukuran suhu air pendingin masuk pada heat exchanger, untuk alat monitoring menunjukkan temperature $32,3^{\circ}\text{C}$ sedangkan pada indikator alat terbaca 32°C , sehingga selisih pengukuran sekitar $0,3^{\circ}\text{C}$. Berikut ini salah satu contoh perbandingan hasil pengukuran dari kedua alat tersebut di atas: Tabel 1. Perbandingan contoh hasil pegukuran dengan dua alat

| Temperatur ukur | Alat monitoring | Temperatur indikator di mesin penukar panas |
|-----------------|------------------------|---|
| T_1 | 42°C | 43°C |
| T_2 | $32,3^{\circ}\text{C}$ | 32°C |
| T_3 | 35°C | 35°C |
| T_4 | $32,9^{\circ}\text{C}$ | 33°C |
| T_5 | $39,7^{\circ}\text{C}$ | 41°C |

Dari tabel diatas tampak untuk T_2 , T_3 dan T_4 selisih perbedaannya tidak terlalu besar sekitar $0,3^{\circ}\text{C}$, sedang pada T_1 dan T_5 selisih

pengukuran agak terlalu jauh. Hal ini disebabkan karena setting variabel resistansi komponen masih belum sempurna dan harus diperbaiki lebih lanjut.

Berikut ini data hasil percobaan dengan beberapa variable sebagai berikut

Tabel 2. Pengujian Heat Plate Exchanger (dengan Variasi Perubahan Oil Flow) (F_1)

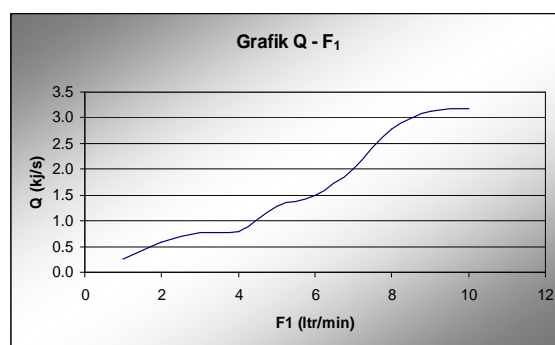
| F_1 (litr/min) | F_2 (litr/jam) | $T_1^{\circ}\text{C}$ | $T_2^{\circ}\text{C}$ | $T_3^{\circ}\text{C}$ | $T_4^{\circ}\text{C}$ | $T_5^{\circ}\text{C}$ |
|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 200 | 39.5 | 29 | 30.5 | 31.5 | 40.5 |
| 2 | 200 | 39.5 | 28 | 30 | 31 | 41 |
| 3 | 200 | 40 | 28.5 | 31 | 32 | 41.5 |
| 4 | 200 | 41 | 28 | 32 | 33 | 40.5 |
| 5 | 200 | 41 | 28 | 32 | 33 | 42 |
| 6 | 200 | 42 | 29 | 33 | 34 | 43 |
| 7 | 200 | 43 | 28 | 32 | 33.5 | 43 |
| 8 | 200 | 42 | 28 | 32.5 | 33 | 45 |
| 9 | 200 | 43 | 28 | 33 | 34 | 46 |
| 10 | 200 | 44 | 27 | 34 | 35 | 46 |

Tabel 3. Pengujian Heat Plate Exchanger dengan Variasi Perubahan Water Flow (F_2)

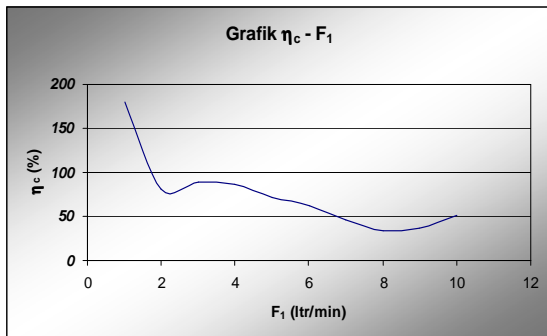
| F_1 (litr/min) | F_2 (litr/jam) | $T_1^{\circ}\text{C}$ | $T_2^{\circ}\text{C}$ | $T_3^{\circ}\text{C}$ | $T_4^{\circ}\text{C}$ | $T_5^{\circ}\text{C}$ |
|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 8 | 200 | 38 | 28.5 | 29 | 31 | 40 |
| 8 | 180 | 38 | 27 | 28 | 31.5 | 40 |
| 8 | 160 | 38.5 | 27 | 28 | 32 | 40 |
| 8 | 140 | 39 | 28 | 29 | 32 | 41 |
| 8 | 120 | 39.5 | 29 | 30 | 32.5 | 41 |
| 8 | 100 | 40 | 28 | 30 | 32 | 42 |
| 8 | 80 | 40 | 28 | 30 | 33 | 42 |
| 8 | 60 | 40 | 28 | 30 | 34 | 43 |
| 8 | 40 | 41 | 28 | 30.5 | 34 | 43 |
| 8 | 20 | 41 | 28 | 30.5 | 34.5 | 43 |

Tabel 3. Perhitungan

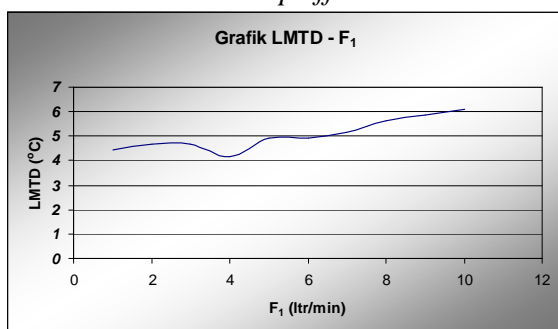
| Laju Aliran Massa (kg/s) | | Panas yang dibebaskan (kJ/s) | | η_c (%) | LMTD ($^{\circ}\text{C}$) | U ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$) |
|--------------------------|----------|------------------------------|---------------|--------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Oli (mo) | Air (ma) | Oli (Q_h) | Air (Q_c) | | | |
| 0.015 | 0.05530 | 0.258 | 0.2311 | 89.546 | 4.170 | 0.029 |
| 0.029 | 0.05531 | 0.574 | 0.4622 | 80.465 | 4.678 | 0.051 |
| 0.044 | 0.05531 | 0.775 | 0.6932 | 89.407 | 4.678 | 0.077 |
| 0.058 | 0.05530 | 0.803 | 0.6930 | 86.304 | 4.170 | 0.086 |
| 0.073 | 0.05531 | 1.294 | 0.9243 | 71.424 | 4.926 | 0.097 |
| 0.084 | 0.05530 | 1.491 | 0.9240 | 61.967 | 4.926 | 0.097 |
| 0.102 | 0.05531 | 2.003 | 0.9243 | 46.143 | 5.170 | 0.093 |
| 0.116 | 0.05531 | 2.772 | 0.9243 | 33.339 | 5.647 | 0.085 |
| 0.131 | 0.05531 | 3.124 | 1.1554 | 36.988 | 5.882 | 0.102 |
| 0.145 | 0.05532 | 3.182 | 1.6181 | 50.861 | 6.113 | 0.137 |



Gambar 15. Grafik pengaruh laju aliran oli terhadap panas yang dibebaskan



Gambar 16. Grafik pengaruh laju aliran oli terhadap efisiensi mesin

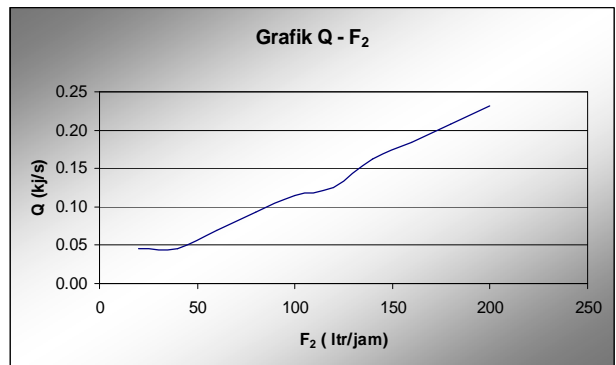


Gambar 17. Grafik pengaruh laju aliran oli terhadap LMTD

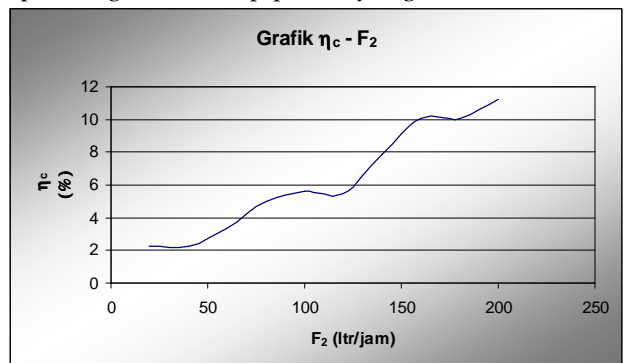
Sedangkan hasil dari pengolahan data percobaan Heat Exchanger pada variasi laju aliran air pendingin didapatkan hasil perhitungan seperti pada table 5 berikut ini:

Tabel 5. Perhitungan

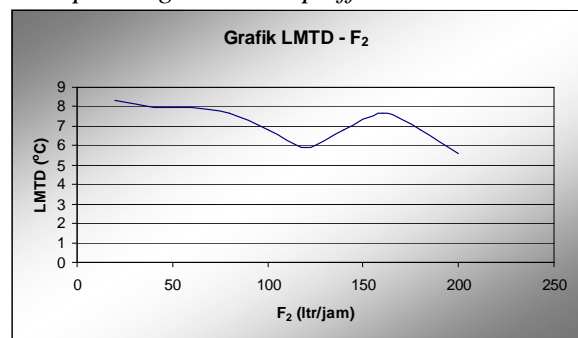
| Laju Aliran Massa (kg/s) | | Panas yang dibebaskan (kJ/s) | | η_c (%) | LMTD (°C) | U (kW/m ² °C) |
|--------------------------|----------|------------------------------|----------|--------------|-----------|--------------------------|
| Oli (mo) | Air (ma) | Oli (Qh) | Air (Qc) | | | |
| 0.11681 | 0.055 | 2.065 | 0.231 | 11.192 | 5.581 | 0.022 |
| 0.11681 | 0.050 | 2.065 | 0.208 | 10.076 | 6.820 | 0.016 |
| 0.11681 | 0.044 | 1.835 | 0.185 | 10.076 | 7.636 | 0.013 |
| 0.11673 | 0.039 | 2.063 | 0.162 | 7.840 | 6.820 | 0.012 |
| 0.11665 | 0.033 | 2.291 | 0.125 | 5.441 | 5.877 | 0.011 |
| 0.11664 | 0.028 | 2.062 | 0.115 | 5.602 | 6.820 | 0.009 |
| 0.11665 | 0.022 | 1.840 | 0.092 | 5.020 | 7.636 | 0.006 |
| 0.11657 | 0.017 | 2.060 | 0.069 | 3.363 | 7.982 | 0.005 |
| 0.11657 | 0.011 | 2.060 | 0.046 | 2.242 | 7.982 | 0.003 |
| 0.11657 | 0.006 | 2.073 | 0.046 | 2.229 | 8.322 | 0.003 |



Gambar 18. Grafik pengaruh laju aliran air pendingin terhadap panas yang dibebaskan



Gambar 19. Grafik pengaruh laju aliran air pendingin terhadap efisiensi mesin



Gambar 20. Grafik pengaruh laju aliran air pendingin terhadap LMTD

Analisis Hasil Percobaan

1. Dari hasil pengukuran data yang didapatkan dari sensor monitoring yang dipasang, jika dibandingkan dengan pengukuran manual menggunakan indikator mesin menunjukkan hasil yang hampir sama dengan selisih sekitar 0,3⁰.

2. Berdasarkan data hasil percobaan dengan memvariasikan laju aliran oli yang didinginkan dengan laju aliran pendingin air yang konstan, seperti pada gambar 15 sampai 17 terlihat bahwa dalam grafik panas yang dibebaskan dan LMTD tampak cenderung semakin naik sedangkan efisiensi malah semakin turun. Kondisi ini disebabkan karena laju aliran naik maka kecepatan aliran naik sehingga waktu kontak perpindahan panas semakin berkurang sehingga efisiensi semakin kecil atau menurun.
3. Pada hasil percobaan dengan variasi laju aliran air pendingin dan laju aliran oli yang didinginkan konstan, didapatkan hasil grafik seperti pada gambar 18 sampai 20 yaitu semakin besar laju aliran air pendingin tampak semakin besar panas yang dibebaskan dan efisiensi juga semakin naik, sedangkan LMTD tampak turun, hal ini dikarenakan nilai U yang semakin turun.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil percobaan didapatkan hasil pengukuran dengan alat monitoring ini cukup akurat mendekati sama dengan alat indikator mesin dengan selisih sekitar 0.3°C . Dari hasil perhitungan didapatkan beberapa karakteristik dari mesin penukar kalor yang diukur, antara lain semakin besar beban pada mesin penukar kalor dan laju aliran air pendingin tetap maka panas yang dibebaskan akan semakin naik pula, sehingga menyebabkan nilai efisiensi mesin akan semakin turun. Sedangkan saat variasi laju aliran air pendingin dan laju aliran oli yang didinginkan konstan, panas yang dibebaskan dan efisiensi semakin naik, sedangkan LMTD semakin turun.

Saran-Saran

Karena prototipe Heat Plate Exchanger test ini dirancang untuk digunakan di laboratorium fluida, maka jika akan digunakan di industri sesungguhnya maka perlu dilakukan pengujian akurasi yang lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. P. Holman, HEAT TRANSFER, sixth Edition. Erlangga, Jakarta. 1994.
- [2] Harrington, Merine Engineering Hand Book
- [3] Incropera, DW, Heat and Mass Transfer, Mc. Graw Hill Book Company, NY, 1987.
- [4] Incropera, F.P and De Witt D.P, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Third Edition, John Wiley & Sons, 1990.
- [5] Kreith, F, Prinsip Perpindahan Panas, Erlangga, Jakarta, 1986.
- [6] Harahap F, Perkins H.C and Reynold W.C, Termodinamika Teknik, Erlangga, Jakarta, 1994.
- [7] Rumono B. Sunarto, {2004}, Membangun Sistem Akuisisi Data Berbasis Database Dengan DELPHI. Gramedia, Jakarta.
- [8] Pemrograman Borland DELPHI 6.0, 2003, Wahana Komputer,
- [9] Budiharto Widodo, S.Si, M.Kom. Intefacing Komputer dan Mikrokontroler. PT Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia, Jakarta
- [10] Sugiharto Agus, S.Pd. Penerapan Dasar Transducer dan Sensor.
- [11] N. Andi Paulus. Teknik Antarmuka dan Pemrograman.