

M2-003 Rancang Bangun Modifikasi Dispenser Air Minum

Ekadewi A. Handoyo, Fandi D. Suprianto, Debrina Widyastuti

Jurusan Teknik Mesin
Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121 – 131, Surabaya 60263, Indonesia
Phone: +62-31-8439040, e-mail: ekadewi@petra.ac.id

ABSTRAK

Dispenser air minum memiliki 2 fungsi yaitu sebagai penghasil air panas dan air dingin dalam waktu yang relatif singkat. Pada dispenser, air minum tersimpan dalam gallon air yang dipasang dengan cara menjungkir. Untuk mengangkat dan menjungkir gallon air yang terisi penuh diperlukan seorang yang kuat dan juga dapat menimbulkan masalah pada otot dan tulang di daerah bahu serta punggung. Di samping itu, kebanyakan dispenser yang ada sekarang ini terdiri dari dua tangki, yaitu tangki air panas yang dilengkapi pemanas dan tangki air dingin yang dilengkapi evaporator. Umumnya, tangki air dingin berada di atas, sedangkan tangki pemanas berada di bawah. Air yang turun ke tangki pemanas dalam keadaan dingin, sehingga menyebabkan waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air lebih lama.

Karena dua hal di atas, maka dispenser perlu dimodifikasi. Modifikasi yang dilakukan adalah: mengganti cara pengisian air dari gallon tanpa menjungkir dan memisahkan air panas dari air dingin sejak awal. Di samping itu, juga dilakukan modifikasi kedua, yaitu menambah alat penukar kalor untuk memanfaatkan kalor yang dibuang dari permukaan sebelah luar kompresor.

Dari pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa modifikasi yang dilakukan berhasil. Dengan modifikasi didapatkan hasil sebagai berikut: gallon air perlu diletakkan pada penopang setinggi 555 – 760 mm dari dasar dispenser, laju aliran air panas yang dihasilkan dari modifikasi pertama dan kedua lebih tinggi dibanding sebelum modifikasi, sedang laju air dingin yang dihasilkan kedua modifikasi lebih tinggi daripada sebelum modifikasi saat ketinggian air minimal 75 mm dari dasar gallon. Alat penukar kalor seperti pada modifikasi kedua dapat memanaskan air dari 28 menjadi 36,5°C. Dengan modifikasi kedua, lama waktu pemanasan awal air menjadi lebih pendek, yaitu menjadi 16 menit 51 detik dibanding modifikasi pertama, yaitu 21 menit 39 detik.

Keywords: dispenser, pemanasan air, pemanfaatan kalor dari kompresor

1. Pendahuluan

Sebagai suatu alat yang dapat menghasilkan air dalam keadaan dingin dan panas dalam waktu yang relatif singkat, dispenser banyak dipakai di rumah tangga. Ketika air minum dalam gallon telah kosong, maka perlu mengganti dengan gallon baru yang penuh air. Galon yang baru perlu dijungkir agar air mengalir dari dalamnya seperti terlihat pada gambar 1. Untuk mengangkat dan menjungkir gallon air yang terisi penuh diperlukan seorang yang kuat. Hal ini berarti tidak semua orang dapat melakukannya dan juga dapat menimbulkan masalah pada otot dan tulang di daerah bahu serta punggung. Oleh karena itu, dispenser perlu dimodifikasi agar penggantian gallon air minum lebih mudah dalam pemasangannya.



Gambar 1. Dispenser yang dipakai masyarakat

Pada hampir semua dispenser yang ada sekarang ini air dari galon turun dan ditampung dalam tangki yang dilengkapi dengan evaporator untuk menghasilkan air dingin. Dari tangki ini air baru dibagi, sebagian langsung ke valve untuk air dingin dan sebagian turun ke tangki pemanas. Air yang turun ke tangki pemanas berasal dari tangki yang dilengkapi evaporator, sehingga air dinginlah yang masuk tangki pemanas. Pada sebagian dispenser, ada semacam corong yang dipasang dengan tujuan menjadi sekat pembatas daerah tangki yang airnya bersentuhan dengan pipa evaporator. Dengan sekat ini diharapkan air dari gallon langsung ke tangki pemanas, tidak mengalami pendinginan. Namun, saat corong tidak terpasang dengan tepat air akan bercampur sehingga menyebabkan beban heater menjadi besar dan waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air lebih lama. Oleh sebab itu, dispenser perlu mengalami modifikasi agar air yang akan masuk tangki pemanas tidak perlu didinginkan terlebih dahulu.

Di samping dua hal di atas, dispenser juga akan dimodifikasi untuk memanfaatkan kalor yang terbuang dari permukaan luar kompresor. Hal ini karena temperatur permukaan sebelah luar kompresor cukup tinggi.

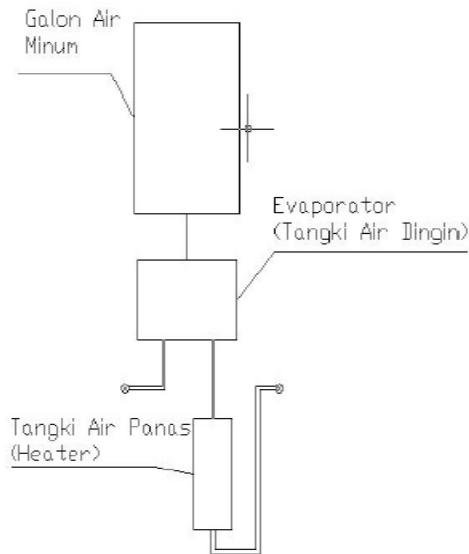
Pertama kali yang harus dilakukan adalah mengumpulkan data yang diperlukan yaitu: laju aliran air, kapasitas bak penampung, dan elemen pemanas yang ada pada dispenser sekarang. Kemudian, merancang modifikasi yang tetap mengacu pada dispenser yang ada, meliputi kapasitas bak penampung, menghitung waktu lama pemanasan untuk elemen pemanas yang akan digunakan, serta mendesain sistem saluran air yang akan digunakan. Setelah membuat dispenser, pengujian dilakukan dengan pengambilan data: laju aliran air, suhu keluar air minum, lama pemanas menyala, dan suhu air dari alat penukar kalor ketika pemanas dalam keadaan mati.

2. Modifikasi yang dilakukan

Modifikasi dispenser dilakukan dengan batasan:

- Dispenser yang dimodifikasi untuk penggunaan galon air minum dengan kapasitas 19 liter yang banyak dipakai masyarakat.
- Menggunakan sistem pendingin yang sudah ada.
- System pemanas dirancang agar menghasilkan air panas pada 70°C.
- Menggunakan thermostat yang ada yang mengatur agar air dingin dijaga pada 7°C dan air panas dijaga pada 70°C.

Gambar skema dispenser yang saat ini banyak dipakai masyarakat pada umumnya terlihat seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Skema dispenser sebelum modifikasi

Modifikasi yang akan dilakukan meliputi:

- Memisahkan air yang akan dipanaskan dari air yang akan didinginkan
- Mengubah proses pengisian air dari gallon tanpa harus menjungkir gallon

Sebelum melakukan modifikasi, perlu dilakukan pengukuran laju aliran air yang keluar dari valve/kran air panas dan air dingin. Dari pengukuran yang dilakukan beberapa kali saat gallon penuh, dihasilkan data berikut:

Laju aliran air dingin = 32.9 ml/s

Laju aliran air panas = 25.2 ml/s

Laju aliran air dingin pada dispenser sebelum modifikasi lebih cepat daripada air panas, karena air panas melalui saluran yang lebih panjang daripada air dingin.

Data hasil pengukuran di atas dijadikan acuan dalam melakukan modifikasi.

3. Hasil Modifikasi

Modifikasi Pemisahan Air Dingin dan Air Panas

Untuk memisahkan air dingin dan air panas, maka dirancang agar ada dua saluran air dari bagian bawah tangki. Satu saluran menuju tangki yang dilengkapi pemanas (tangki air panas) dan yang lain menuju tangki yang dilengkapi evaporator (tangki air dingin) seperti terlihat pada gambar 3.

Tangki air panas dan dingin masing-masing dirancang untuk memenuhi kebutuhan sekeluarga secara bersamaan. Asumsi kebutuhan keluarga adalah 1 botol (600 ml) per orang dengan 4 orang anggota keluarga. Dengan demikian, diperlukan tangki air dingin sebesar 2400 ml. Untuk kebutuhan air panas mungkin tidak sebesar air dingin. Namun, untuk mempermudah modifikasi, maka tangki air panas dirancang sama dengan tangki air dingin.

Sedang tangki dispenser dirancang paling sedikit harus dapat memenuhi kebutuhan air untuk dialirkan ke tangki air dingin dan panas. Dengan demikian, tangki dispenser yang dibutuhkan berkapasitas minimal 4800 ml.

Dari survey di pasaran, dipilih tangki dari bahan stainless steel untuk tangki air panas dan dingin dengan diameter 140 mm dan tinggi 170 mm. Untuk tangki dispenser dipilih tangki dengan bahan yang sama yaitu stainless steel dengan diameter 200 mm dan tinggi 250 mm.

Modifikasi Pengisian Air Dari Gallon

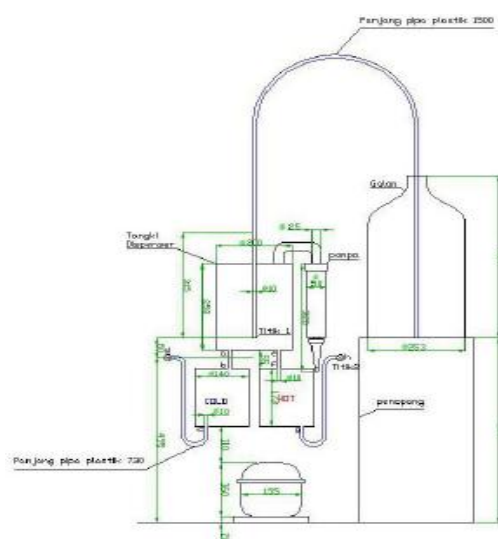
Modifikasi perubahan cara mengisi air berdasar pada prinsip aliran, yaitu air dalam galon dapat mengalir ke dalam tangki dispenser, jika tekanan air dalam galon lebih tinggi daripada tekanan air di dalam tangki. Tekanan fluida statis berbanding lurus dengan ketinggian fluida dari permukaan. Aliran air akan terhenti saat ketinggian air dalam galon sama dengan dalam tangki dispenser.

Pada saat kran keluaran air panas atau air dingin dibuka, air dari dalam tangki akan turun dan air dari galon akan mengalir ke dalam tangki. Hal ini terjadi terus hingga pada saat galon sudah kosong, air di dalam tangki akan berada di titik 1. Pada gambar 3 terlihat bahwa titik 1 ada di bagian bawah saluran pengisian air dalam tangki.

Untuk pengisian air dari gallon pada permulaan saat tangki kosong, diperlukan 'sesuatu' untuk membuat tekanan di dalam tangki lebih rendah (lebih vacuum) dari tekanan air dalam gallon. 'Sesuatu' tersebut adalah pompa tangan yang terdapat di pasaran. Pompa dipasang di bagian atas tangki. Setelah di-vacuum untuk beberapa waktu, maka air dapat mengalir dari gallon ke dalam tangki.

Mengingat air mengalir karena beda tekanan atau beda ketinggian, maka gallon pada dispenser yang dimodifikasi perlu diletakkan di atas penopang seperti pada gambar 3. Letak penopang minimal adalah sejajar dengan titik 1 yaitu 555 mm dari dasar dispenser. Namun, dari percobaan yang dilakukan sebaiknya tidak lebih dari 760 mm. Hal ini karena air dalam tangki dapat mengalir ke luar melalui pompa tangan jika penopang diletakkan terlalu tinggi.

Setelah melakukan berbagai perhitungan dengan menggunakan teori fluida [2], maka dihasilkan rancangan modifikasi dispenser seperti skema pada gambar 3.



Gambar 3. Skema modifikasi dispenser

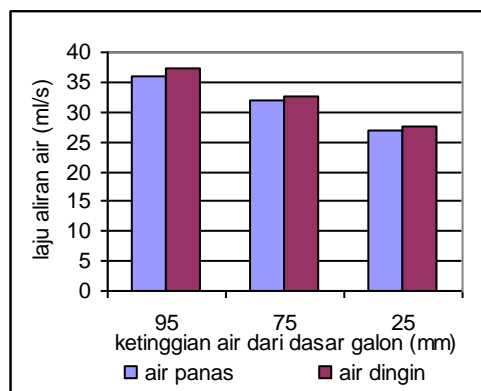
Pemanas/heater yang dipakai pada modifikasi tidak bisa menggunakan yang lama, karena tangki yang baru memerlukan band heater lebih panjang. Pemanas yang digunakan yang terdapat di pasaran, yaitu 350 Watt. Dengan menggunakan kesetimbangan energi seperti pada [1], waktu yang diperlukan untuk memanaskan 2660 ml air dari 28°C menjadi 70°C adalah 22 menit.

Sedang evaporator dan semua komponen mesin refrigerasi menggunakan yang telah ada di dispenser, tidak ada penggantian.

Dari modifikasi di atas, dilakukan beberapa pengujian, yaitu temperatur air panas dan dingin, laju aliran air yang dihasilkan dan lama waktu pemanas menyala.

Dari pengukuran, thermostat bekerja dengan baik, yaitu temperatur air dingin dapat mencapai 7°C dan air panas mencapai 70°C. Mengingat input listrik terbesar yang diperlukan dispenser adalah untuk menghasilkan air panas, maka penelitian lebih ditekankan pada pemanas. Dari pengukuran terhadap kinerja system kendali di thermostat, didapati bahwa heater akan menyala (diukur dengan tang ampere (*clamp meter*) hingga temperature air mencapai 70°C dan kemudian off untuk beberapa saat. Pemanas akan menyala kembali saat temperature air turun menjadi 52°C. Adapun besar arus yang terukur adalah 1,5 Ampere.

Sedang pengukuran laju aliran air dilakukan pada kondisi air dalam gallon mendekati habis. Pada saat gallon terisi penuh, tentu air akan mengalir dengan mudah ke dalam tangki dispenser. Oleh karena itu pengukuran laju aliran air keluar dari valve/kran dilakukan saat ketinggian air dalam gallon rendah, yaitu: 95 mm, 75 mm, dan 25 mm dari dasar galon. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Laju aliran air dari dispenser modifikasi

Sistem pemanas yang ada dilengkapi dengan thermostat yang mengatur agar air panas dijaga 70°C. Pengujian dilakukan untuk lama waktu yang diperlukan pemanas. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Lama waktu pemanas menyala

	Temperature air	Waktu
Start awal pemanas menyala	28 – 70°C	21'39"
Pemanas off	70 – 52°C	44'45"
Pemanas menyala	52 – 70°C	4'28"
Pemanas off	70 – 52°C	43'04"

Saat penelitian, sempat terukur temperatur permukaan luar kompresor yang ternyata dapat mencapai 85°C. Data ini mendorong dilakukannya modifikasi kedua, yaitu memasang alat penukar kalor sederhana di atas kompresor. Air dari tangki dispenser sebelum dialirkan ke tangki air panas dilewatkan ke alat penukar kalor ini terlebih dahulu. Dengan demikian diharapkan air mengalami pre-heat sebelum dipanaskan oleh pemanas.

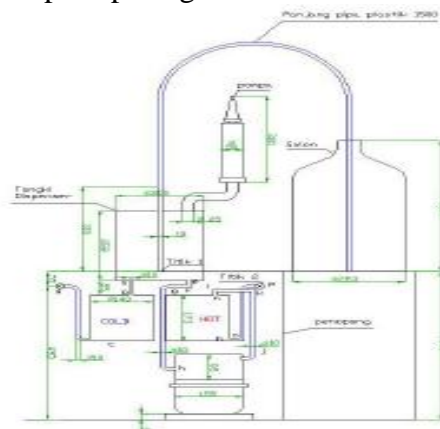
Selain penggunaan alat penukar kalor, modifikasi lain yang dilakukan adalah: perubahan arah pemasangan pompa tangan dan perubahan saluran outlet air panas dan dingin dari tangki masing-masing ke valve/kran.

Pompa tangan semula dipasang menghadap ke bawah dipindah menghadap ke atas. Hal ini untuk mengantisipasi adanya air yang mengalir keluar jika gallon diletakkan pada penopang yang terlalu tinggi.

Saluran outlet air panas dan dingin pada modifikasi pertama dipasang di bagian bawah tangki, sehingga air akan mengalir ke bawah dulu baru ke atas. Jika saluran outlet dibuat dari dasar tangki dan langsung ke atas, maka laju aliran air dapat meningkat.

Alat penukar kalor yang dipakai adalah panci dan mangkok stainless steel yang ada di pasaran. Mangkok digunakan untuk mengikuti bentuk permukaan luar kompresor. Antara mangkok dan panic direkatkan dengan menggunakan las argon.

Hasil modifikasi kedua tampak seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Skema modifikasi dispenser kedua

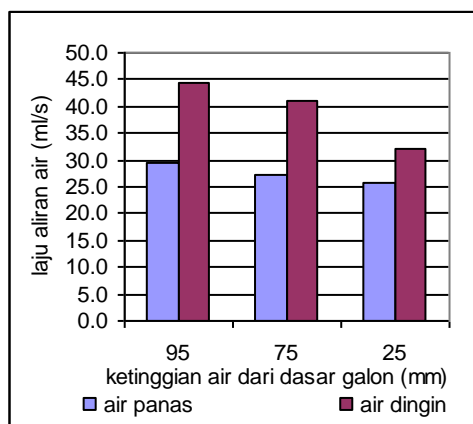
Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Pengujian akan dilakukan untuk mendapatkan hal yang sama dengan pengujian pada modifikasi pertama, yaitu temperatur air panas dan dingin, laju aliran air yang dihasilkan dan lama waktu pemanas menyala. Namun, pengujian dilakukan untuk dua keadaan yaitu mesin pendingin menyala dan off. Saat mesin pendingin off, kompresor tidak bekerja sehingga alat penukar kalor tidak berfungsi.

Dari pengukuran didapati temperature air panas tetap mencapai 70°C dan air dingin mencapai 7°C . Dengan demikian, thermostat tetap berfungsi dengan semestinya.

Pengukuran laju aliran air dingin dilakukan dengan cara dan kondisi yang sama seperti pada modifikasi pertama, yaitu saat ketinggian air dari dasar gallon mencapai 95 mm, 75 mm, dan 25 mm. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 6. Laju aliran air dingin dan panas tidak terpengaruh dengan menyala atau tidaknya kompresor.



Gambar 6. Laju aliran air dari dispenser modifikasi kedua

Karena adanya penambahan alat penukar kalor di atas kompresor, maka dilakukan pengukuran temperature air yang dapat dihasilkan saat mesin pendingin bekerja (kompresor menyala) tetapi pemanas off. Dari beberapa kali pengukuran didapatkan bahwa temperature air dapat mencapai $36,5^{\circ}\text{C}$. Hal ini berarti lama waktu pemanas menyala untuk memanaskan air menjadi lebih singkat. Tanpa alat penukar kalor, air dipanaskan dari 28°C .

Dengan prinsip kesetimbangan energi [1], waktu pemanasan sekarang dengan pemanas yang sama lebih pendek dari modifikasi pertama, yaitu menjadi 17,5 menit.

Hasil pengujian lama waktu pemanas menyala pada kondisi mesin pendingin off dapat dilihat pada tabel 2 dan pada kondisi mesin pendingin menyala pada tabel 3.

Tabel 2. Lama waktu pemanas menyala pada kondisi mesin pendingin off.

	Temperature air	Waktu
Start awal pemanas menyala	$28 - 70^{\circ}\text{C}$	22'05"
Pemanas off	$70 - 52^{\circ}\text{C}$	33'35"

Pemanas menyala	52 – 70°C	5'08"
Pemanas off	70 – 52°C	34'29"

Tabel 3. Lama waktu pemanas menyala pada kondisi mesin pendingin menyala.

	Temperature air	Waktu
Start awal pemanas menyala	36,5 – 70°C	16'51"
Pemanas off	70 – 52°C	33'25"
Pemanas menyala	52 – 70°C	4'23"
Pemanas off	70 – 52°C	34'09"

4. Analisa

Hasil pengujian di atas akan dianalisa dalam dua bagian, yaitu: laju aliran air dan lama waktu pemanasan.

Laju aliran air panas dan dingin

Selama pengujian didapati bahwa air tetap dapat mengalir dari dispenser yang telah dimodifikasi baik dari valve air panas maupun air dingin.

Dari gambar 4 terlihat laju aliran air panas yang terendah, yaitu saat ketinggian air dalam gallon tinggal 25 mm, adalah 26,9 ml/s. Laju ini lebih tinggi dibanding sebelum modifikasi, yaitu 25,2 ml/s. Sedang laju air dingin sebelum modifikasi adalah 32,9 ml/s. Laju air dingin yang dihasilkan setelah modifikasi pada saat ketinggian air dalam gallon lebih dari 75 mm masih melebihi laju sebelum modifikasi. Namun, saat ketinggian air kurang dari 75 mm, laju air dingin lebih rendah dari sebelum modifikasi.

Dari gambar 4 dan 6 terlihat bahwa laju air panas dan dingin lebih rendah saat ketinggian air dalam gallon berkurang. Hal ini sesuai dengan prinsip aliran fluida. Saat ketinggian air berkurang, maka tekanan air dalam gallon juga berkurang. Menurut persamaan Bernoulli [2], jika tekanan pendorong lebih rendah, maka laju aliran yang dihasilkan juga akan berkurang.

Pada modifikasi kedua, laju aliran air panas yang dihasilkan lebih rendah dari modifikasi pertama. Dari gambar 4 dan 6 terlihat bahwa beda laju ini cukup besar, yaitu 6,5 ml/s, 4,6 ml/s, dan 1 ml/s saat ketinggian air dalam gallon 95 mm, 75 mm, dan 25 mm. Perbedaan ini disebabkan karena saluran air panas pada modifikasi kedua lebih panjang dan berkelok-kelok, karena dialirkan melalui alat penukar kalor sebelum masuk ke tangki air panas. Namun, laju air panas yang dihasilkan masih lebih tinggi dari dispenser yang tidak dimodifikasi, yaitu 25,9 ml/s saat ketinggian air dalam gallon tinggal 25 mm.

Jika gambar 4 dan 6 diperhatikan, maka terlihat bahwa laju aliran air dingin lebih tinggi pada modifikasi kedua dibanding pertama. Hal ini karena perubahan saluran outlet dari tangki air dingin. Dengan demikian, perubahan sederhana dapat membawa hasil yang besar.

Lama waktu pemanas menyala

Perbandingan lama waktu pemanas menyala antara perhitungan dengan realita dapat dilihat pada tabel 4. Terdapat kesesuaian yang baik antara perhitungan dengan realita. Waktu pemanas menyala pada realita lebih rendah dari perhitungan kemungkinan disebabkan temperature awal air lebih tinggi dari perkiraan. Kemungkinan lain karena perbedaan asumsi massa jenis, dimana dalam perhitungan digunakan angka 1 kg/liter. Dari [1] dan [3] diketahui bahwa massa jenis air pada temperature lebih tinggi lebih rendah, sehingga massa air yang dipanaskan pun lebih sedikit untuk volume yang sama.

Tabel 4. Perbandingan lama waktu pemanas menyala

	Temperatur	Perhitungan	Realita
Modifikasi pertama	28 – 70°C	22'01"	21'39"
Modifikasi kedua	36,5 – 70°C	17'30"	16'51"

Dari tabel 2 dan 3 terlihat bahwa lama waktu pemanas menyala dari start awal, saat temperature air 28°C, hingga mencapai 70°C pada modifikasi kedua saat mesin pendingin tidak dinyalakan (off) sedikit lebih lama dari modifikasi pertama. Demikian pula dengan lama pemanas off terlihat lebih pendek dan lama pemanas menyala kembali lebih panjang pada modifikasi kedua. Hal ini disebabkan karena pada modifikasi kedua letak tangki air panas lebih dekat dengan tangki air dingin dan tangki air panas belum diisolasi. Dengan dibungkus isolasi termal, maka perpindahan panas ke lingkungan dapat dihindari.

Modifikasi kedua memberi hasil yang memuaskan jika mesin pendingin menyala. Pada table 2 dan 4, terlihat bahwa lama waktu pemanas menyala dari start awal hingga air mencapai 70°C jauh lebih pendek pada modifikasi kedua, yaitu 16'51" dibanding modifikasi pertama, yaitu 21'39". Hal ini karena temperature air pada start pemanasan lebih tinggi saat menggunakan alat penukar kalor (modifikasi kedua) yaitu 36,5°C. Hasil yang memuaskan juga dijumpai untuk lama waktu pemanas menyala setelah off karena air dalam tangki sudah mencapai 70°C.

5. Kesimpulan

Dari pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa modifikasi yang dilakukan berhasil. Dengan modifikasi didapatkan hasil:

- Laju aliran air panas yang keluar dari valve/kran pada modifikasi pertama dan kedua lebih tinggi daripada sebelum modifikasi. Sedang laju air dingin yang dihasilkan kedua modifikasi lebih tinggi daripada sebelum modifikasi saat ketinggian air minimal 75 mm dari dasar galon.
- Galon air diletakkan pada penopang setinggi 555 - 760 mm dari dasar dispenser.
- Alat penukar kalor seperti pada modifikasi kedua dapat memanaskan air dari 28 menjadi 36,5°C.
- Dengan modifikasi kedua, lama waktu pemanasan awal air menjadi lebih pendek, yaitu menjadi 16 menit 51 detik dibanding modifikasi pertama, yaitu 21 menit 39 detik.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Ucapan Terima Kasih

Saya mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Debrina Widyastuti yang menyediakan dispenser untuk dimodifikasi dan turut berjerih lelah dalam penelitian. Tak lupa, saya juga mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Fandi D. Suprianto yang bersama-sama melakukan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Cengel, A. Yunus & Robert H. Turner. *Fundamental of Thermal-Fluid Sciences* 2nd ed. Singapore: McGraw-Hill, 2005.
- [2] Munson, Bruce R., Donald F. Young, Theodore H. Okiishi,. *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 4th ed. USA: John Willey & Sons, Inc. 2005.
- [3] Incropera, Frank P., David P. De Witt,. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. USA: John Willey & Sons, Inc. 2001.