

MODEL PERANGKAT KERAS UNTUK TINDAKAN AWAL PECEGAHAN BAHAYA KEBAKARAN YANG BEKERJA BERDASARKAN RESPON TEMPERATUR

Tri Widagdo¹⁾, RD Kusumanto²⁾, Jaksen M Amin³⁾

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139 Telp: 0711-353414 Fax: 0711-453211

Abstrak

Tujuan jangka panjang dari penelitian ini adalah untuk mensosialisasikan sistem pencegahan bahaya kebakaran yang bersifat preventif serta mandiri, diperuntukkan bagi rumah padat penduduk yang sulit dijangkau oleh mobil PBK (Pembasmi Bahaya Kebakaran). Sistem dapat bekerja secara otomatis tanpa bantuan operator dan akan tetap bekerja walaupun jaringan listrik putus. Target khusus yang hendak dicapai adalah membuat model perangkat keras sistem pemadam kebakaran yang bekerja berdasarkan kenaikan temperatur udara. Prinsip kerja dari model dimulai dari pembacaan data kenaikan temperatur udara yang disebabkan oleh adanya sumber api. Pembacaan data dilakukan oleh sensor temperatur. Dalam penelitian ini, sensor temperatur yang akan diujicobakan ada dua jenis, masing-masing jenis thermoelectric dan jenis thermomechanics. Oleh transformator, data temperatur diubah menjadi tegangan listrik yang akan menggerakkan katup salenoid dan pompa. Ketika kedua komponen tersebut bekerja maka air akan keluar dari sprayer sehingga dapat memadamkan api. Suplai listrik untuk menggerakkan instrumen dan sistem kendali berasal dari baterai sedemikian rupa hingga jika terjadi kebakaran dan listrik dari PLN terputus, model akan tetap bekerja efektif. Metode penelitian yang diterapkan adalah Kaji Eksperimental yang didukung oleh data-data otentik yang berkaitan dengan mekanisme pemadaman api. Kegiatan dimulai dengan membuat rancang bangun model pemadam kebakaran, dilanjutkan dengan pengujian untuk mengetahui kinerja model. Hasil pengujian kinerja prototipe menunjukkan kehandalan dari mesin yang dibuat, dengan melibatkan dua jenis sensor yang masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangannya. Berdasarkan perhitungan statistik untuk kedua jenis sensor menghasilkan nilai optimum yaitu:

- Sensor Thermoelektrik, Setpoint pada nilai 500C, dengan respon pemadaman 167 detik dan durasi pemadaman selama 132 detik. Kondisi komponen mesin dan instalasi baik
- Sensor Thermomechanics pada nilai 400C, dengan respon pemadaman 45 detik dan durasi pemadaman selama 152 detik. Kondisi komponen mesin dan instalasi baik

Kata kunci : Preventif, mandiri, bahaya kebakaran.

1. PENDAHULUAN

Penelitian ini dilatar belakangi oleh pentingnya tindakan preventif untuk mengantisipasi terjadinya bahaya kebakaran. Sebab jika sudah terjadi akan berdampak negatif dalam skala yang luas. Tindakan represif lebih bersifat lokalisasi agar api tidak menjalar ke tempat lain. Bahaya kebakaran dapat dikatakan sebagai bencana yang disebabkan oleh faktor kesalahan manusia (*human error*). Terjadinya tidak dapat diprediksi, baik dari segi waktu maupun tempat. Untuk gedung

dan industri yang sudah menerapkan standar K3, sistem deteksi dini dan pencegahan awal sudah diterapkan, sehingga ketika terjadi kebakaran sistem akan bekerja secara otomatis. Untuk gedung-gedung bertingkat yang memiliki standar internasional, sistem pemadam kebakaran merupakan bagian integral dari sistem keamanan, termasuk jika terjadi gempa bumi maupun badai. Jalur evakuasi bagi penghuni gedung juga tersedia dengan petunjuk lengkap. Metode lain adalah dengan menggunakan pompa hidran serta

racun api yang tersedia di beberapa lokasi strategis dan dapat dioperasikan oleh operator maupun karyawan terlatih. Tabel berikut menyajikan data-data terjadinya kebakaran untuk Kota Palembang dan

sekitarnya yang dilaporkan oleh masyarakat melalui telepon maupun pesan singkat dan ditangani oleh Dinas PBK Pemkot Palembang.

Tabel 1. Penyebab Kebakaran Di Kota Palembang Periode Tahun 2008 s/d 2012^{*)}

Penyebab Kebakaran	Tahun pendataan				
	2008	2009	2010	2011	2012
Hubungan singkat (<i>Korsluiting</i>)	7	9	9	7	5
Ledakan tabung Gas LPG	3	4	8	6	9
Pekerjaan Bengkel	1	1	2	8	10
Lain-lain	-	3	2	1	1
Total	11	14	21	22	25

*) Sumber: <http://palembangkota.bps.go.id/>

Tabel 2. Kerugian Akibat Kebakaran Di Kota Palembang Periode Tahun 2008 s/d 2012^{*)}

Bentuk kerugian	Tahun pendataan				
	2008	2009	2010	2011	2012
Harta Benda (x Rp 1.000.000,-)	350	400	565	720	700
Meninggal dunia	2	-	1	1	1
Luka/cacat tetap	2	5	-	8	5

*) Sumber: <http://palembangkota.bps.go.id/>

Dari kedua tabel di atas, baik dari intensitas terjadinya kebakaran maupun kerugian yang diderita masyarakat, terlihat adanya kecenderungan meningkat dari waktu ke waktu. Hal tersebut bisa disebabkan oleh dua sumber, pertama penambahan jumlah penduduk yang pesat diikuti oleh penambahan jumlah bangunan, kedua rendahnya kesadaran masyarakat untuk melakukan tindakan pencegahan bahaya kebakaran.

Permasalahan yang akan dicoba atasi melalui penelitian ini adalah berkaitan dengan rendahnya kesadaran masyarakat untuk melakukan langkah preventif dalam mengatasi bahaya kebakaran. Untuk masyarakat umum atau rumah penduduk di perkotaan, solusi memberantas bahaya kebakaran masih sangat bergantung pada mobil Pembasmi Bahaya Kebakaran (PBK). Sedangkan untuk masyarakat perdesaan, pemberantasan bahaya kebakaran dilakukan dengan cara gotong royong oleh masyarakat dengan menyiramkan air ke sumber api. Penyebab kebakaran bervariasi dan sebagian besar adalah akibat kelalaian manusia, sedikit sekali yang disebabkan

oleh faktor alam. Kerugian akibat kebakaran pun tidak sedikit, baik harta maupun jiwa.

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah membuat sebuah model mesin pencegah bahaya kebakaran. Selanjutnya model dapat diadopsi oleh masyarakat umum yang jauh dari jangkauan mobil PBK. Urgensi penelitian adalah pesatnya pembangunan sarana fisik yang memerlukan sarana tambahan untuk mengantisipasi jika terjadi bahaya kebakaran sehingga kerugian masyarakat, baik dalam bentuk harta maupun jiwa, dapat dikurangi.

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan sistem antisipasi bahaya kebakaran sudah dipublikasikan. Beberapa merek dagangpun mudah diperoleh. Akan tetapi sistem-sistem tersebut masih memiliki kelemahan dari sisi harga yang tinggi serta teknologi yang rumit sehingga tidak sesuai jika diterapkan di masyarakat, terutama daerah padat penduduk. Temuan teknologi yang dikembangkan pada penelitian ini adalah model pemadam kebakaran mandiri, tidak bergantung dengan energi listrik dari jaringan, bekerja secara elektromekanis.

Hasil penelitian akan dipublikasikan melalui jurnal atau majalah ilmiah dan diharapkan dapat diadopsi oleh masyarakat umum. Target yang akan dicapai dari penelitian ini adalah tersosialisasikannya sistem pemadam kebakaran sehingga dapat mengurangi beban pemerintah untuk menanggulangi dampak negatif bahaya kebakaran.

Berkaitan dengan pembangunan dan pengembangan IPTEKS-SOSBUD, penerapan teknologi pemadam kebakaran yang dikembangkan pada penelitian ini adalah untuk memberikan jaminan keamanan kepada masyarakat. Para penghuni rumah yang sudah menerapkan sistem pemadam kebakaran akan tenang meninggalkan rumah untuk melakukan aktivitas sehari-hari.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Bahan Penelitian

Beberapa sistem pemadaman api, seperti pompa hidran, racun api, dan lain sebagainya, masih bersifat manual dan hanya bisa dioperasikan oleh operator yang sudah dilatih. Ketika terjadi kebakaran di mana suasana kepanikan terjadi, maka penggunaan sistem-sistem tersebut ada kalanya kurang efektif. Sedangkan penggunaan sistem otomatis harganya mahal dan tidak terjangkau oleh masyarakat kelas menengah ke bawah.

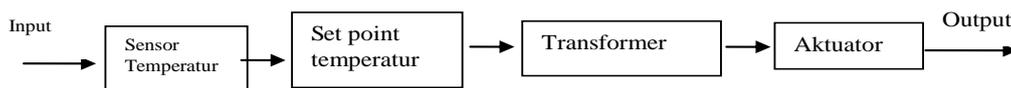
Keterbaruan (*state of the art*) dari sistem pemadam api kebakaran yang dikembangkan pada penelitian ini adalah dari segi ekonomis, di mana sistem cukup mudah dalam perawatan dan perbaikan serta harganya terjangkau untuk masyarakat kalangan ekonomi menengah ke bawah.

Sensor temperatur yang akan diujicobakan pada penelitian ini ada dua jenis, yaitu:

1. Termoelektrik yang bekerja atas dasar temokopel tipe-K (Nurrahman P, 2008) yang bekerja atas dasar perubahan resistansi ketika pada junction mengalami perubahan temperatur. Karakteristik sensor ini antara lain: memiliki ketelitian pembacaan $\pm 0,20\text{C}$, dengan on/off setting $\pm 0,50\text{C}$ serta respon cepat. Dan mampu bekerja hingga temperatur maksimum 250oC .
2. Termomekanik yang bekerja berdasarkan prinsip Pascal, yaitu memanfaatkan perubahan tekanan gas ketika mengalami perubahan temperatur. Jenis sensor yang akan diujicobakan pada penelitian ini dari jenis T-22 dengan fluida kerja gas nitrogen (Cooper D, 1992). Sensor ini dapat bekerja pada interval temperatur -200C sampai dengan 500C , respon sedang serta on/off setting $\pm 50\text{C}$.

Sensor temperatur akan ditempatkan pada lokasi-lakasi di dalam rumah yang diprediksi sebagai lokasi rawan sumber api kebakaran, seperti di dapur ataupun gudang penyimpanan zat-zat flamable. Pada reservoir penampung air akan diterapkan sistem kendali pelampung aktif (Nababan E, 2010). Sistem dapat mengatur permukaan air pada upper dan lower level yang dapat menjamin ketersediaan air pada jumlah yang cukup untuk memadamkan api. Pompa yang akan dipakai untuk mensuplai air ke spryer ditetapkan dari jenis Slide Channel tipe T-12/s liquid ring yang digerakkan oleh motor listrik AC 220 Volt/125 Watt (Willza R, 2010). Untuk menggerakkan pompa disuplai listrik dari baterai 12 Volt DC, dengan bantuan Voltage Inverter, tegangan 120 Volt DC diubah menjadi tegangan 220 Volt AC.

Gambar menampilkan sistematika kinerja model yang diusulkan dengan proses yang runut dari masukan (input) ke luaran (output)



Gambar 1 : Diagram Alir Mekanisme Kinerja Model Yang Diusulkan

Beberapa penelitian sebagai *road map* dan relevan dengan penelitian ini antara lain:

1. (Zamheri A dan Widagdo T, 2011). Memberikan informasi tentang penggunaan pelampung aktif yang

bekerja berdasarkan efek Archimedes, dapat mengendalikan permukaan air *reservoir* yang dipakai sebagai suplai air pemadam kebakaran.

2. (Wilza R dan Widagdo T, 2010). Pengoperasian pompa air jenis *Slide Channel* tipe T-12/s *liquid ring* memiliki keunggulan pada respon yang cepat dengan head tinggi serta debit sedang.
3. (Widagdo T dan Zainuddin). Menyimpulkan bahwa pengguna sensor temperatur termoelektrik tipe-K *cooper/iron* sesuai untuk mendeteksi kenaikan temperatur udara, memiliki respon cepat serta kepresisian pembacaan yang akurat.

2.2 Metode Penelitian

Penelitian melibatkan satu orang ketua penelitian dan dua orang anggota serta satu orang teknisi/laboran. Bersifat Kaji Eksperimental dengan pusat kegiatan di laboratorium M&R Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya. Sarana dan peralatan pendukung tersedia cukup dan dalam kondisi baik. Beberapa kegiatan pendukung yang sudah dilaksanakan antara lain:

- Studi literatur, dengan tujuan untuk penguasaan materi dasar yang berkaitan dengan mekanisme pemadaman api.
- Studi lapangan, dengan tujuan untuk mendapatkan data tentang pentingnya tindakan preventif pencegahan bahaya kebakaran. Selain itu juga untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan dari beberapa sistem pemadam kebakaran yang selama ini dipakai oleh masyarakat.

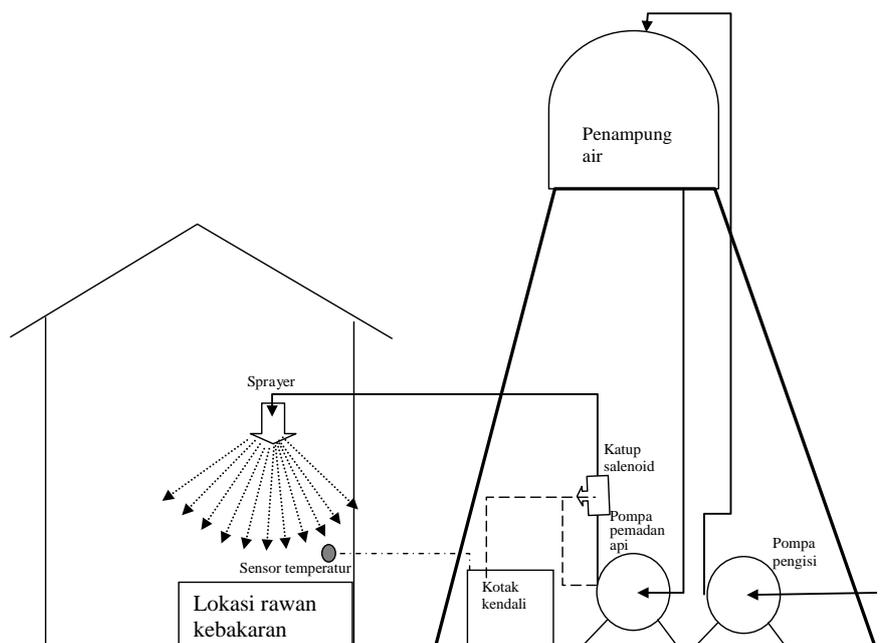
- Melakukan penelitian pendahuluan yang berorientasi pada studi karakteristik utilitas, antara lain: pompa, pelampung aktif, sistem *reservoir*, sistem perpipaan, serta sistem instrumen dan kendali.

Luaran penelitian adalah satu unit model pemadam kebakaran skala laboratorium, dilengkapi dengan SOP (*Standard Operation Procedur*) untuk pemasangan, perawatan, serta perbaikan. Diharapkan model dapat diadopsi oleh masyarakat umum terutama pada lokasi-lokasi rawan kebakaran yang sulit dijangkau oleh mobil Pemadam Bahaya Kebakaran (PBK).

Indikator pencapaian tujuan dari penelitian ini ditunjukkan oleh:

- a. Respon sistem untuk melakukan proses pemadaman di dalam ruang tertutup kurang dari 10 detik setelah api menyala.
- b. Waku total untuk pemadaman tidak lebih dari 20 detik.
- c. Semua komponen tidak mengalami kerusakan setelah proses pemadaman kebakaran selesai dilakukan.

Gambar berikut menampilkan skema/instalasi model pemadam kebakaran yang bekerja berdasarkan sistem kendali umpan balik (*feedback control system*) menggunakan data input berupa kenaikan temperatur udara. Sensor dan *sprayer* ditempatkan di lokasi rawan kebakaran. Sistem pemadaman akan tetap bekerja walaupun jaringan listrik terputus.



Gambar 2 : Instalasi Model Yang Diusulkan

Tahapan penelitian yang akan dilaksanakan secara runtut adalah sebagai berikut:

- a. Pembuatan rangka pendukung. Berfungsi untuk menempatkan komponen serta sistem instrumentasi/kendali. Rangka dibuat sedemikian rupa dengan mempertimbangkan faktor-faktor *knock down* serta kemudahan dalam segi perawatan dan perbaikan.
- b. Pengadaan komponen serta instrumen dan sistem kendali.
- c. Pengujian awal komponen model serta instrumen dan sistem kendali.
- d. Pemasangan komponen model serta instrumen dan sistem kendali.
- e. Pengujian awal (*comissioning*) kinerja model.
- f. Pengambilan data pengujian.

Prosedur pengujian model adalah sebagai berikut:

- a. Sensor temperatur jenis *thermoelectric* diset pada harga tertentu, disesuaikan dengan kondisi udara lingkungan di mana sumber kenaikan temperatur akibat adanya sumber api dapat direspon dengan baik.
- b. Materi bakar disiapkan pada tempat di mana sensor dan *sprayer* sudah ditempatkan. Materi bakar ditetapkan dari asbestos dengan bahan bakar bensin.
- c. Setelah semua komponen dipastikan dapat bekerja dengan sempurna maka materi bakar dihidupkan secara manual dari jarak aman.
- d. Setelah api membesar, maka udara panas akan direspon oleh sensor temperatur. Data kenaikan temperatur udara akan dipakai untuk menggerakkan pompa serta membuka

katup salenoid. Selanjutnya air akan keluar dari *sprayer* menuju sumber api.

- e. Kegiatan a hingga d akan dilakukan untuk jenis sensor temperatur yang lain, yaitu jenis *thermomechanics*.
- f. Data kuantitatif yang akan diamati pada penelitian ini adalah: pengaturan temperatur respon (*set point*) pada sensor, waktu tunggu (*delay time*) pada *sprayer* untuk menyemprotkan api, serta durasi atau lamanya waktu yang diperlukan untuk proses pemadaman api.

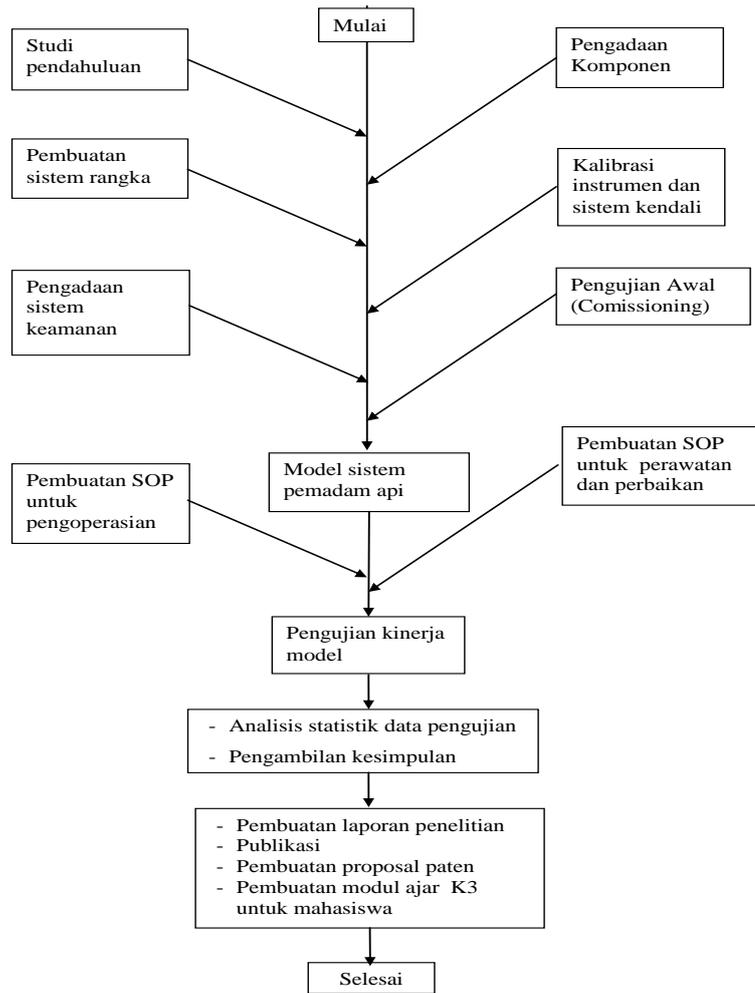
Gambar berikut meyajikan kegiatan penelitian dalam bentuk *fishbone diagram* yang akan diselesaikan dalam waktu 6 bulan.

Untuk setiap perlakuan akan diambil sebanyak 5 data yang membentuk populasi. Validitas untuk populasi dengan perlakuan yang sama akan diuji menggunakan metode uji statistik pada *confidence level* 95%, yang meliputi:

- a. Uji *Chi square* untuk homogenitas data.
- b. Uji *t-Student* untuk variansi data.

Jika data-data pengujian dianggap belum valid, maka akan dilakukan pengujian ulang. Proses selanjutnya adalah menghitung nilai rata-rata dari kelima data tersebut, dilanjutkan dengan pembuatan kurva fungsi kecenderungan (*trend line*) serta menentukan koefisien korelasi masing masing data akan dihitung menggunakan program komputer Excel.

Variabel-variabel kuantitatif dan kualitatif yang akan diambil pada pengujian antara lain: *Setpoint* temperatur pada termostat, respon waktu pada sistem serta durasi pemadaman. Kedua perlakuan akan diterapkan untuk dua jenis sensor temperatur, yaitu jenis *thermoelectric* dan jenis *thermomechanics*.



Gambar 3 : Tahapan Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Kegiatan pengujian sudah dilaksanakan di Laboratorium M&R Jurusan Teknik Mesin Polstri dengan melibatkan seluruh anggota penelitian. Beberapa hal penting sebelum melakukan pengujian, antara lain:

1. Kalibrasi alat ukur, bertujuan untuk memastikan bahwa pembacaan data akurat.
2. Pemeriksaan instalasi pengujian, meliputi: blower, kompresor, pemanas listrik dan peralatan pendukung. Kegiatan bertujuan untuk memastikan bahwa perangkat pengujian akan dapat bekerja dengan aman.
3. *Comissioning*, yaitu melakukan pengujian awal terhadap perangkat uji dengan beban lebih, dengan tujuan untuk memastikan bahwa perangkat uji akan

aman ketika dilakukan pengujian pada beban normal.

Variabel-variabel yang diperhitungkan antara lain:

- Respon pemadaman, yaitu waktu yang diperlukan untuk mengaktifkan sprayer air dalam satuan detik.
- Durasi pemadaman, yaitu waktu yang diperlukan oleh mesin untuk memadamkan api, dalam satuan detik

Variabel r_a ditetapkan adalah:

- Jarak antara sprayer dengan sumber api maksimum 1 meter
- *Set point* atau penyetelan suhu sensor dengan nilai: 40°C, 50°C, 60°C dan 70°C

Variabel yang diabaikan adalah:

- Pengaruh Suhu udara lingkungan terhadap ruang kabin.
- Fluktuasi tekanan udara luar

Adapun prosedur Eksperimen yang sudah dilaksanakan, secara runtut adalah sebagai berikut:

- a. Air pada drum diisi hingga penuh

- b. Baterai dalam kondisi penuh dan selalu terhubung dengan *charger*
 - c. Instalasi perpipaan dalam kondisi baik dan tidak ada kebocoran.
 - d. Pada sensor jenis *thermoelectric*, *Set point* ditetapkan pada angka 40°C , selanjutnya sumber api dihidupkan.
 - e. Diambil datanya yang berkaitan dengan waktu respon pemadaman dimulai serta durasi yang diperlukan hingga api padam kembali.
 - f. Prosedur a sampai d dilakukan untuk variasi temperature 50°C, 60°C dan 70°C
 - g. Prosedur a sampai e dilakukan untuk sensor jenis *thermomechanics*
- Pengujian dilakukan untuk obyek pengujian berupa simulator rumah dan didalamnya terdapat sumber api (dapur) pada posisi tersebut ditempatkan sebuah sensor suhu serta satu unit *sprayer* yang akan menyemprotkan air ketika terjadi kebakaran

Tabel 3. Data pengujian model untuk sensor temperatur jenis *Thermoelectric*

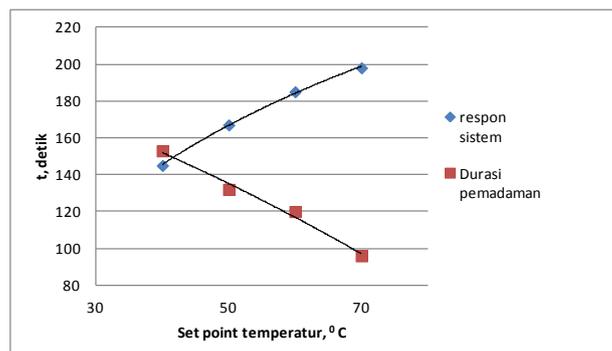
<i>Setpoint Temperature</i> (°C)	Waktu respon sistem (detik)	Durasi pemadaman (detik)	Kondisi instalasi	Kondisi komponen sistem
40	145	153	Baik	Baik
50	167	132	Baik	Baik
60	185	120	Baik	Baik
70	198	96	Baik	Baik

Tabel 4. Data pengujian model untuk sensor temperatur jenis *Thermomechanics*

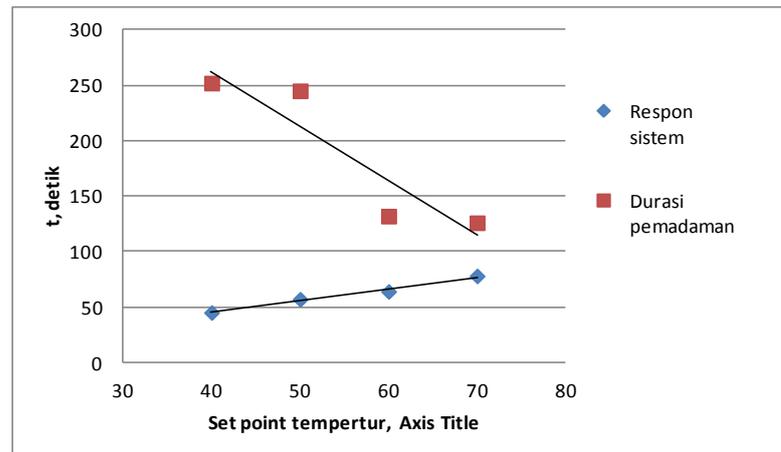
<i>Setpoint Temperature</i> (°C)	Waktu respon sistem (detik)	Durasi pemadaman (detik)	Kondisi instalasi	Kondisi komponen sistem
40	45	152	Baik	Baik
50	57	145	Baik	Baik
60	64	132	Baik	Baik
70	78	126	gangguan pada termostat	Kabel sensor terbakar

4.2. Pembahasan

Dari tabel di atas diperoleh informasi bahwa proses pemadaman dapat bekerja sesuai dengan prosedur yang dilaksanakan. Secara umum kondisi instalasi perpipaan maupun komponen mesin dalam kondisi yang baik, kecuali pada *setpoint* tertentu dimana proses pemadaman berjalan terlalu lama dan mengakibatkan kenaikan suhu sensor. yang direncanakan.



Gambar 4 : Kurva Pengujian Model Untuk Sensor Temperatur Jenis *Thermoelectric*



Gambar 5 : Kurva Pengujian Model Untuk Sensor Temperatur Jenis *Thermomechanics*

Secara umum kondisi optimum untuk kedua jenis aensor adalah sebagai berikut:

- Sensor *Thermoelektrik*, *Setpoint* pada nilai 50°C, dengan respon pemadaman 167 detik dan durasi pemadaman selama 132 detik. Kondisi komponen mesin dan instalasi baik
- Sensor *Thermomechanics* pada nilai 40°C, dengan respon pemadaman 45 detik dan durasi pemadaman selama 152 detik. Kondisi komponen mesin dan instalasi baik

- Jumlah dan ukuran komponen harus disesuaikan dengan kondisi rumah yang akan dilayani
- Lakukan perawatan rutin terhadap peralatan dengan melakukan pengujian kinerja mesin setiap bulan satu kali.
- Air harus tersedia pada penampung air dengan jumlah minimal $\frac{3}{4}$ m³ dari kapasitas penampung sebesar 1 m³
- Perawatan baterai dilakukan setiap 2 bulan sekali serta penggantian baterai dilakukan setiap 2 tahun sekali.

4. KESIMPULAN

Kegiatan penelitian telah selesai dilaksanakan dengan baik, sesuai dengan jadwal dan sasaran yang akan dicapai. Prototipe mesin pembasmi bahaya kebakaran dapat diimplementasikan pada skala rumah tangga ukuran sedang dan kecil. Mesin bersifat:

- *Optional dan knockdown*, artinya mesin mudah di bongkar pasang. Hal ini mempermudah dalam hal penggantian komponen jika terjadi kerusakan.
- *Portable*, artinya mudah dari segi pemindahan serta pengangkutan
- Mudah dari segi perawatan dan perbaikannya.

Data-data hasil pengujian menunjukkan kehandalan kinerja mesin dalam keadaan apapun. Komponen-komponen mesin tersedia banyak di pasaran, sehingga jika terjadi kerusakan mudah untuk memperbaikinya kembali.

Kepada masyarakat umum yang tertarik dan berniat untuk mengadopsi teknologi yang dikembangkan dari penelitian ini, penulis memberikan beberapa saran, antara lain:

DAFTAR PUSTAKA

- Ariana, Made. 2009. *Kaji Eksperimen Respon Sensor Suhu Termokopel Tipe –J Terhadap Fluktuasi Suhu Air*. Teknik Mesin ITS: Surabaya.
- Budiono, Akmad. *Racun Api Jenis Halon Mengandung Unsur CFC yang Dapat Merusak Kualitas Udara Lingkungan*. <http://www.pikiranrakyat.com/> (diakses tanggal 17 Juli 2011).
- Collin, D.S. 1996. *Industrial Electricina*. International Edition, Prentice-Hall International Inc: New Jersey.
- Engelwood K and Roland S. 1992. *Instrumentation & Control System*. Second Edition, John-Wiley and Son's Publisher: Toronto.
- Holman J.P, alih bahasa Jesjfi. 1991. *Perpindahan Kalor* edisi 6. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Keenan. 1984. *Kimia Untuk Universitas Jilid 1*. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Lanz, Andre. 2001. *Hydrogen Fuel Cell Engines and Related Technologies : Rev 0*. Palm Desert. Collage of the Desert.

8. Riza, Mukhlissatur. 2009. *Dampak Negatif Bahaya Kebakaran Terhadap Psikologi Korban*. Teknik Mesin UMM: Malang.
9. Widagdo T dan Romi W. 2011. *Optimasi Penggunaan Pompa Slide Chanel Tipe T-12/s*, Jurnal AUSTENIT Vol 1 Nomor 1.
10. Wira. *Say No for Kebakaran*. <http://wira.blogsome.com/2005/05/26/say-no-tomati-lampu/> (diakses tanggal 1 Agustus 2010).
11. Zamheri A dan Widagdo T. 2012. *Penggunaan Pelampung Aktif Sebagai Pengendali Permukaan Air Reservoir*. Jurnal AUSTENIT Vol 1 Nomor 2.
12.
<http://palembangkota.bps.go.id/>.
Data Statistik Bahaya Kebakaran di Kota Palembang dan Sekitarnya (diunduh pada tanggal 2 Desember 2011)

DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 1 : Komponen Utama Prototipe Pemadam Kebakaran



Gambar 2 : Penampung air



Gambar 3 : Rumah simulasi pemadaman api



Gambar 4 : Pengujian Pemadaman kebakaran