

MESIN PENGERING PAKAIAN MENGGUNAKAN ELEMEN PEMANAS PTC

*CLOTHES DRYER MACHINE USING PTC HEATING ELEMENT*Susetyo Agung Prabowo¹, Tri Ayodha Ajiwiguna², M. Ramdhan Kirom³^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom¹tyoagung89@gmail.com, ²triayodha@telkomuniversity.ac.id, ³ jakasantang@gmail.com

Abstrak

Pengeringan adalah proses perpindahan panas dan uap air secara simultan yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air. Energi panas ini biasanya bisa didapatkan dari sinar matahari. Namun ketika musim penghujan, kondisi ini menghambat segala sesuatu yang sangat bergantung pada sinar matahari, salah satunya dalam hal mengeringkan pakaian. Maka dari itu diperlukan suatu alat bantu yang dapat mengeringkan pakaian tanpa tergantung pada sinar matahari. Mesin pengering pakaian adalah mesin yang digunakan untuk mengeringkan pakaian dengan energi panas buatan, salah satu penghasil pemanas buatan adalah elemen pemanas. Elemen pemanas buatan yang digunakan pada penelitian ini adalah elemen pemanas *PTC*. Elemen pemanas *PTC* ini akan memanaskan suhu dalam ruangan segienam hingga 50° C sehingga panas yang dihasilkan elemen pemanas *PTC* dapat mengubah air yang terkandung dalam pakaian menjadi uap air yang kemudian akan dilepas ke lingkungan dengan bantuan kipas. Berdasarkan hasil perhitungan dan pengujian, beban pemanasan total dari rancang bangun mesin ini sebesar 817,8 Watt, kemampuan mesin menguapkan massa air rata-rata 557.03 gram/jam dengan kelembaban ruang pengeringan ketika pakaian kering 30,06% dan mesin ini mencapai titik optimumnya untuk jumlah pengeringan pakaian sebanyak 12 pakaian.

Kata kunci : Pengeringan, mesin pengering pakaian, elemen pemanas *PTC*, beban pemanasan

Abstract

Drying is a simultaneous process of heat transfer and water vapor that requires heat energy to evaporate water content. This heat energy can usually be obtained from sunlight. But during the rainy season, this condition inhibits everything that is very dependent on sunlight, one of which is in drying clothes. Therefore it is necessary a tool that can dry clothes without depending on sunlight. Clothes dryer is a machine used to dry clothes with artificial heat energy, one of the producers of artificial heating is a heating element. The artificial heating element used in this study is the PTC heating element. This PTC heating element will heat the ambient heating temperature up to 50° C so that the heat generated by the PTC heating element can change the water contained in the garment into water vapor which will then be released into the environment with the help of the fan. Based on the calculations and tests, the total heating load from the engine design is 817,8 Watt, the machine's ability to evaporate the average water mass 557.03 gram / h with the humidity of the drying chamber when 30.06% dry clothing and the machine reaches its optimum point for the number of clothes drying is 12 clothes.

Keywords: Drying, clothes drying machine, PTC heating element, heating load

1. Pendahuluan

Sinar matahari yang sampai di bumi merupakan sumber utama energi yang menimbulkan segala macam kegiatan atmosfer seperti hujan, angin, siklon tropis, musim panas, musim dingin, pola iklim di suatu wilayah dan berbagai pengaruhnya seperti pertumbuhan tanaman, penyediaan air tanah dan sebagainya [1]. Ketika musim hujan,

kondisi akan menghambat segala sesuatu yang sangat bergantung pada sinar matahari, salah satunya adalah dalam hal mengeringkan pakaian. Maka dari itu, perlu energi alternatif untuk mengatasi masalah tersebut. Pada penelitian yang berjudul "Influence Of Air Temperature And Velocity For Drying Proses" pada tahun 2016 [2] menyatakan bahwa temperatur dan kecepatan udara akan mempengaruhi proses pengeringan. Berawal dari sini, penulis memilih cara pengeringan menggunakan elemen pemanas. Dengan judul "Mesin Pengeriing Pakaian Menggunakan Elemen Pemanas", penulis berharap mesin ini dapat dijadikan sebagai alternatif dalam hal mengeringkan pakaian. Proses pengeringan ini tidak bergantung pada cuaca. Harapannya adalah alat ini dapat menjadi solusi masalah pengeringan pakaian yang selama ini sangat bergantung pada sinar matahari.

2. Tinjauan Teori

2.1 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah perpindahan energi yang terjadi antara benda atau material sebagai akibat dari adanya perbedaan suhu [3].

2.1.1 Laju Kalor Konduksi

Konduksi merupakan perpindahan panas dari tempat yang bertemperatur tinggi ke tempat yang bertemperatur rendah didalam medium yang bersinggungan langsung [4]. Secara umum, laju perpindahan panas konduksi dalam persamaan (2-1).

$$Q = \frac{k A (T_1 - T_2)}{L} \quad (2-1)$$

Dengan :

- Q = laju perpindahan kalor (W)
- T₁ = suhu tinggi (°C)
- T₂ = suhu rendah (°C)
- k = konduktifitas termal bahan (W/m.K)
- A = luas bidang perpindahan kalor (m²)
- L = ketebalan medium (m)

2.1.2 Laju Kalor Konveksi

Konveksi merupakan perpindahan panas antara permukaan solid dengan fluida yang bergerak atau mengalir disekitarnya melalui medium yaitu fluida itu sendiri [4]. Laju perpindahan konveksi dapat dinyatakan dalam persamaan (2-2).

$$Q = h A (T_s - T_\infty) \quad (2-2)$$

Dengan :

- h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m²K)
- A = luas penampang (m²)
- T_s = temperatur plat (°C)
- T_∞ = temperatur fluida yang mengalir dekat permukaan (°C)

2.1.2.1 Bilangan Grashof

Bilangan Grashof merupakan perbandingan antara gaya apung dengan gaya viskositas dalam aliran fluida bebas [5], dinyatakan dalam persamaan (2-3).

$$Gr = \frac{g \beta (T_1 - T_2) L_c}{\nu^2} \quad (2-3)$$

- Gr = bilangan Grashof
- g = percepatan gravitasi (m/s²)
- β = koefisien ekspansi volume
- T_s = temperatur permukaan (°C)
- T_∞ = temperatur lingkungan (°C)
- L_c = panjang karakteristik (m)

ν = viskositas kinematik (m^2/s)

Nilai β didapat dengan persamaan (2-4).

$$\beta = \frac{1}{\left(\frac{1}{2}(T_s + T_\infty)\right)} \quad (2-4)$$

2.1.2.2 Bilangan Rayleigh

Untuk menentukan tipe aliran laminar atau turbulen pada konveksi alami dinyatakan dalam bilangan Rayleigh. Bilangan Rayleigh diperoleh dari hasil perkalian antara bilangan Grashof dengan bilangan Prandtl [5].

2.1.2.3 Bilangan Prandtl

Bilangan Prandtl adalah perbandingan antara difusivitas momentum suatu aliran terhadap terhadap difusivitas termalnya [5], dinyatakan dalam persamaan (2-5).

$$Pr = \nu/\alpha \quad (2-5)$$

Dengan :

ν = viskositas kinematik (m^2/s)

α = difusivitas termal (m^2/s)

2.1.2.4 Bilangan Nusselt

Bilangan Nusselt adalah rasio perpindahan panas antara konveksi dan konduksi pada permukaan fluida yang sama [6]. Bilangan nusselt pada plat sejajar dapat dihitung dalam persamaan (2-6).

$$Nu = \left(0,825 + \frac{0,387Ra^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{Pr}\right)^{9/16}\right)^{8/27}}\right)^2 \quad (2-6)$$

Untuk mencari nilai koefisien perpindahan panas konveksi, dapat dicari menggunakan persamaan (2-7) :

$$\frac{k Nu}{L} = h \quad (2-7)$$

Dengan :

N_u = bilangan Nusselt

h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m^2K)

L = panjang karakteristik (m)

k = konduktivitas termal (W/mK)

2.1.3 Laju Kalor Ventilasi

Kalor pengaruh udara ventilasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-8) :

$$Q = \dot{m} (h_{out} - h_{in}) \quad (2-8)$$

Dengan :

Q = Laju kalor (Watt)

\dot{m} = Laju aliran massa (kg/s)

h_{in} = Entalpi masuk (kJ/kg)

h_{out} = Entalpi keluar (kJ/kg)

Untuk mendapatkan nilai \dot{m} dapat dihitung menggunakan persamaan (2-9)

$$\dot{m} = \rho \cdot q \quad (2-9)$$

Dengan :

\dot{m} = Laju aliran massa (kg/s)

ρ = Rapat massa udara (kg/m³)

q = Debit (m³/s)

10)

Untuk mendapat nilai debit dapat dihitung menggunakan persamaan (2-

$$q = A \cdot v \quad (2-10)$$

Dengan :

q = Debit (m³/s)

A = Luas penampang ventilasi (m²)

v = Kecepatan udara (m/s)

2.1.4 Kemampuan Mesin Pengering Pakaian Menggunakan Elemen Pemanas

Untuk mengetahui kualitas mesin pengering pakaian, maka perlu dihitung kemampuan mesin pengering pakaian ini dalam menguapkan massa air yang berada dalam pakaian. Kemampuan mesin pengering ini dapat dihitung dari persamaan (2--10) [7] :

$$m = \frac{m_{air}}{t} \quad (2-11)$$

Dengan :

m = Kemampuan mesin pengering pakaian (g/jam)

m_{air} = Selisih pakaian basah dan pakaian kering (g)

t = Lama waktu pengeringan (jam)

Untuk mengetahui berapa jumlah pakaian yang akan dikeringkan, sehingga mesin pengering ini mencapai titik optimalnya, dapat dicari dari persamaan (2-11) :

$$Op = \frac{N}{t} \quad (2-12)$$

Dengan :

Op = Optimal Mesin

N = Jumlah pakaian yang dikeringkan

t = Lama waktu pengeringan (jam)

2.2 Perpindahan Massa

Perpindahan massa adalah perpindahan massa dari satu lokasi, biasanya berupa aliran, fasa, fraksi, atau komponen, ke lokasi lainnya. Perpindahan massa muncul pada banyak proses, seperti absorpsi, evaporasi, adsorpsi, pengeringan, presipitasi, filtrasi membran, dan distilasi.

2.2.1 Pengeringan

Pengeringan adalah proses perpindahan panas dan uap air secara simultan yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan bahan yang dikeringkan oleh media pengering yang biasanya berupa panas. Proses pengeringan berlaku apabila bahan yang dikeringkan kehilangan sebahagian atau keseluruhan air yang dikandungnya. Proses utama yang terjadi pada proses pengeringan adalah penguapan. Penguapan terjadi apabila air yang dikandung oleh suatu bahan teruap, yaitu apabila panas diberikan kepada bahan tersebut.

2.2.2 Evaporasi

Evaporasi adalah proses perubahan molekul air menjadi uap air. Jadi evaporasi ini juga dikenal dengan istilah penguapan. Proses evaporasi selalu terjadi setiap harinya, dari air di sungai, danau, genangan air, tetesan air, air laut dan lainnya. Menguap lebih cepat terjadi di permukaan air yang bersentuhan dengan udara sekitar. Proses ini terjadi di setiap perbedaan tekanan udara dan air akan semakin banyak yang menguap seiring dengan temperatur udara meningkat.

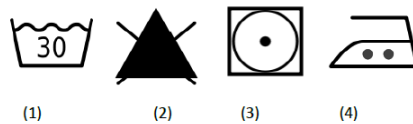
2.2.3 Faktor-Faktor Yang Mempercepat Pengeringan

Proses pengeringan suatu bahan tergantung pada beberapa faktor :

- a. Suhu
- b. Kelembaban udara.
- c. Kecepatan udara (angin)
- d. Luas Permukaan.

2.3 Bahan Pakaian Yang Digunakan

Di Indonesia, petunjuk perawatan tekstil diatur dalam SNI 08-0336-2005 dengan judul Label pemeliharaan tekstil dan produk tekstil menggunakan lambang. SNI ini direvisi oleh SNI ISO 3758:2013 yang menetapkan 5 simbol pokok yang menggambarkan 5 jenis kegiatan yaitu simbol bak cuci, segitiga, segiempat, setrika, dan lingkaran. Berikut ini label yang terdapat pada pakaian berbahan *cotton* :



Gambar 2.2 Label Perawatan Pakaian Berbahan Cotton

Dari gambar keempat gambar di atas kita dapat mengetahui simbol perawatan pakaian. Adapun arti dari keempat gambar tanda di atas adalah :

1. Pada gambar pertama artinya adalah pakaian bisa di cuci menggunakan mesin cuci dengan suhu air maksimal 30°C.
2. Pada gambar kedua artinya adalah pakaian tidak boleh diberi pemutih.
3. Pada gambar ketiga artinya adalah pakaian bisa dikeringkan menggunakan mesin pengering dengan suhu rendah yaitu tidak lebih dari 50°C.
4. Pada gambar keempat artinya adalah pakaian boleh disetrika dengan suhu sedang/medium yaitu suhu setrika maksimum 150°C.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Perancangan Mesin

Komponen-komponen yang digunakan dalam mesin pengering pakaian ini adalah sebagai berikut :

- a. Dimensi Mesin Pengering Pakaian. Berbentuk tabung segi enam, tinggi 125 cm dan panjang setiap sisi 55 cm. Di atas lemari terdapat lima lubang berdiameter 5 cm. Berbentuk segi enam supaya udara yang dimasukkan oleh kipas dapat berputar dengan baik didalam ruang pengeringan dan supaya kalor memenuhi ruang pengeringan. Dipilih

tinggi 125 cm karena tinggi pakaian secara umum 80 cm sehingga baju dapat tergantung secara keseluruhan. Dipilih panjang setiap sisi 55 cm karena ukuran pakaian (dari bahu ke bahu) secara umum sepanjang 50 cm. Lubang di atas mesin terdapat lubang yang berfungsi untuk mengeluarkan uap air dan dalam perancangannya hanya berdiameter 5 cm karena untuk menjaga kalor di dalam ruangan pengering sehingga lubang tidak dirancang berdiameter terlalu besar. Jika lubang terlalu besar maka kalor yang dihasilkan didalam mesin pengering ini akan cepat hilang. Dibagian sisi pintu, terdapat akrilik ukuran 10 cm x 5 cm tebal 1 cm untuk melihat bagian dalam ruang pengering dari luar. Selain itu di samping bagian bawah terdapat ventilasi sebesar 12 cm x 12 cm sebanyak dua buah untuk sirkulasi udara yang dibantu kipas dan terjadi pelepasan kalor dari elemen pemanas *PTC*.

- b. Bahan Dinding Mesin Pengering Pakaian. Berbahan multipleks tebalnya 18 mm dan dilapisi *aluminium foil* tebalnya 1mm. Bahan multipleks mempunyai tekstur lapisan kayunya lebih rapat, sehingga memiliki kekuatan yang lebih baik dan daya tahan terhadap air lebih kuat. Dengan penangangan yang baik, multiplek bisa bertahan hingga sepuluh tahun. Karena daya tahan terhadap air lebih kuat, sehingga cocok digunakan untuk dinding ruang pengering yang seringkali berinteraksi dengan air. *Aluminium foil* digunakan untuk menjaga kalor didalam ruang pengering dari perpindahan panas baik secara konduksi dan konveksi sehingga kalor tidak mudah terserap.
- c. Timbangan Digital Gantung. Timbangan digital gantung untuk mengetahui berat pakaian sebelum dan setelah dicuci.
- d. *PTC (Positive Temperature Coefficient)* sebagai elemen pemanas. Pada mesin ini terdapat dua buah elemen pemanas *PTC* sehingga mempercepat proses pengeringan. Elemen pemanas ini berdaya 1100 watt.
- e. Kipas, sebagai alat pelepas kalor (panas) dari elemen pemanas. Ukuran satu buah kipas yang digunakan adalah 12 cm x 12 cm dengan daya 2,4 Watt. Terdapat dua buah kipas sehingga udara basah cepat diganti dengan udara kering.
- f. *Hygrometer*, berfungsi untuk mengukur tingkat kelembaban ruang dalam mesin pengering pakaian.
- g. *Digital Thermostat Temperature Switch Control Module* untuk mengatur suhu ruang pengering.

3.2 Variasi Penelitian

Data diambil dari mesin pengering pakaian menggunakan elemen pemanas *PTC* yang berkapasitas enam belas pakaian, model kemeja dan berbahan katun. Suhu ruangan mempunyai batas maksimal 50° C. Pakaian yang telah dicuci diperas menggunakan tangan. Pada percobaan ini, data yang diambil divariasikan dengan jumlah pakaian, 4 pakaian, 8 pakaian, 12 pakaian dan 16 pakaian.

3.3 Perhitungan Beban Pemanasan

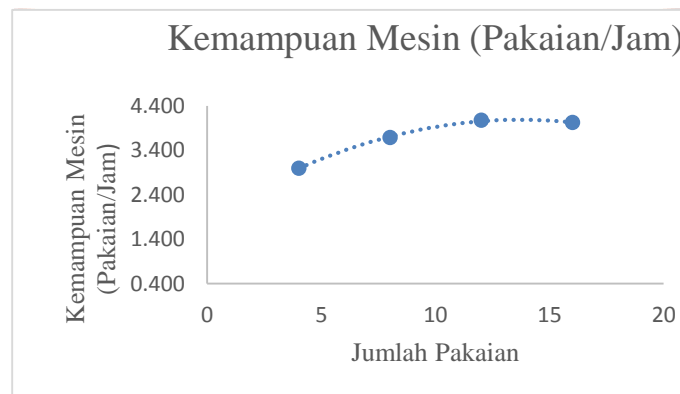
Total dari beban pemanasan pengaruh eksternal dan beban pemanasan pengaruh udara ventilasi adalah 817,8 Watt. Sehingga minimal kalor yang dimasukkan ke ruang pengering yang bervolume 0,98 m³ untuk menaikkan dari suhu 25° C hingga 50° C adalah sebesar 817,8 Watt. Sehingga dengan daya total mesin 1100 Watt dengan efisiensi elemen pemanas *PTC* sebesar 80% yang artinya elemen pemanas *PTC* ini dapat melepas kalor sebesar 880 Watt, dapat menaikkan suhu ruang pengering dari 25° C hingga 50° C yang bervolume 0,98 m³.

4. Hasil dan Analisis

4.2 Hasil Pengujian Mesin

Data dibawah adalah data rata-rata yang diambil dari tiga kali percobaan setiap variasi jumlah pakaiannya.

Jumlah Pakaian	Waktu Pengeringan (jam)	Kemampuan Mesin (pakaian/jam)	Kemampuan Mesin (g/jam)	RH (%)
4	1,33	3,000	476.16	34.3
8	2,1667	3,692	544.99	28.3
12	2,9445	4,075	597.72	30
16	3,972	4,028	609.26	27.67
Rata-Rata			557.03	30.06



4.3 Analisis

Diawal proses pengeringan pakaian, kelembaban dalam ruang pengering naik. Ini disebabkan oleh energi panas di ruang pengering digunakan untuk menguapkan massa air yang berada di pakaian terlebih dahulu, sehingga udara didalam ruang pengering kadar airnya lebih tinggi. Setelah pakaian hampir kering atau sudah kering, kelembaban udara didalam ruang pengering cenderung turun. Ini dikarenakan massa air di pakaian berkurang sehingga energi panas tidak hanya memanaskan pakaian tetapi juga memanaskan udara di dalam ruang pengering. Uap air yang terkandung dalam udara juga akan menguap sehingga menjadi udara dalam ruang pengering menjadi udara kering. Kipas juga menunjukkan fungsinya sebagai alat sirkulasi

Dalam variasi jumlah pakaian sebanyak 12 pakaian, dapat dikatakan mesin pengering pakaian ini mencapai titik optimumnya, karena dapat mengeringkan 4,075 pakaian, paling tinggi dibanding variasi jumlah pakaian yang lain. Pada variasi jumlah pakaian sebanyak 16 pakaian, energi panas yang dilepaskan oleh elemen pemanas diserap dengan baik oleh pakaian. Namun karena ruangan pengering terlalu penuh dengan pakaian yang jaraknya berdekatan, maka energi panas ini terlalu tertuju untuk menguapkan air didalam pakaian dan laju angin kipas untuk membantu pelepasan uap air pada permukaan pakaian dan untuk melakukan sirkulasi udara terhambat karena banyaknya pakaian sehingga membuat udara sekitar menjadi lembab yang akan memperlama waktu pengeringan. Maka dari itu pada variasi jumlah pakaian sebanyak 16 pakaian ini mesin belum bisa dikatakan mencapai titik optimumnya. Pada variasi jumlah pakaian sebanyak 12 pakaian, energi panas yang dilepaskan oleh elemen pemanas diserap dengan baik oleh pakaian. Letak pakaian dalam ruang pengering pun masih cukup renggang sehingga laju angin yang dilepaskan oleh kipas masih berfungsi dengan baik. Ini mengapa pada variasi jumlah pakaian sebanyak 12 pakaian dikatakan mesin mencapai titik optimumnya.

5. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Beban pemanasan yang terjadi pada mesin pengering pakaian menggunakan elemen pemanas *PTC* berdimensi tabung segi enam, tinggi 125 cm dan panjang setiap sisi 55 cm berbahan multipleks tebalnya 18 mm, luas ventilasi 12 cm x 12 cm sebanyak dua buah, akrilik ukuran 10 cm x 5 cm tebal 1 cm, atas penampang tabung terdapat lima lubang berbentuk lingkaran berdiameter 5 cm dan bagian dalam ruangan pengering dilapisi *aluminium foil* tebalnya 1mm dan volume dimensi 0,98 m³ dengan pengaruh eksternal dan ventilasi adalah 817,8 Watt.
2. Mesin pengering pakaian menggunakan elemen pemanas *PTC* dapat mengeringkan pakaian. Variasi jumlah pakaian sebanyak empat pakaian dapat dikeringkan dalam waktu rata-rata 80 menit. Variasi jumlah pakaian sebanyak delapan pakaian dapat dikeringkan dalam waktu rata-rata 130 menit. Variasi jumlah pakaian sebanyak 12 pakaian dapat dikeringkan dalam waktu rata-rata 176,67 menit. Variasi jumlah pakaian sebanyak 16 pakaian dapat dikeringkan dalam waktu rata-rata 238,33 menit.
3. Kemampuan rata-rata mesin pengering pakaian menggunakan elemen pemanas *PTC* ini adalah 557.03 gram/jam dengan kelembaban rata-rata ketika pakaian sudah kering 30.06 %.
4. Mesin pengering pakaian menggunakan elemen pemanas *PTC* yang berkapasitas 16 pakaian ini dapat mencapai kemampuan mesin dalam satuan pakaian/jam paling optimum jika diisi dengan jumlah pakaian sebanyak 12 pakaian yang akan dikeringkan.

Daftar Pustaka

- [1] Basyaruddin dan S.Effendy, 2007, "Keterkaitan Cuaca Di Indonesia Dengan Fenomena Bintik Matahari (Sunspot)", Departemen Geofisika dan Meteorologi, FMIPA-IPB.
- [2] Putra, Raka Noveriyan dan Ajiwiguna, Tri Ayodha, 2016, "Influence of Air Temperature and Velocity for Drying Process" Engineering Physics Department, Telkom University.
- [3] J. Holman, 1986, "Heat Transfer Sixth Edition", Singapore: McGraw-HillBook Co".
- [4] Rahayuningtyas, M. Furqon and T. Santoso, 2014, "Rancang Bangun Alat Penetas Telur Sederhana Menggunakan Sensor Suhu Dan Penggerak Rak Otomatis," Sains, Teknologi, dan Kesehatan.
- [5] Mulyono, 2013, "Model Matematis Perpindahan Panas Pada Tabung Vakum," Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT).
- [6] Y. A. Cengel, 2002, "Heat Transfer Second Edition", New York : McGraw-Hill.
- [7] Ardi Prabowo, 2017, "Mesin Pengering Pakaian Sistem Tertutup Dengan Menggunakan Daya Listrik 1122 Watt" Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Sanata Dharmayogyakarta.
- [8] Dixon, John C, 2007, "*The Shock Absorber Handbook, Second Edition*", ISBN: 978-0-470 51020-9.