

---

## RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN PEMANAS PADA *DISC* UNTUK ALAT UJI TRIBOMETER TIPE *PIN-ON-DISC*

Dian Prabowo\*<sup>1)</sup>, Aan Burhanudin<sup>2)</sup>, Eko Armanto<sup>2)</sup>, Didi Dwi K.<sup>2)</sup>  
Jamari<sup>2)</sup>, Syaiful<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Cilacap

Jl. Dr. Soetomo no. 1 Sidakaya, 53212 Cilacap

<sup>2)</sup>Magister Teknik Mesin, Universitas Diponegoro

Jl.Prof. Sudarto, SH, Tembalang Semarang

\*<sup>1)</sup>e-mail: diansheva@yahoo.co.id

### Abstrak

*Perancangan ini merupakan suatu kajian dasar dalam ilmu Mekanika kontak (contact mechanics) yang berorientasi pada aplikasi tentang tegangan dan deformasi yang timbul ketika dua permukaan solid bodies saling bersentuhan satu sama lain pada satu titik atau lebih (contact). Perancangan ini akan menelaah karakteristik suatu material yang ditimbulkan oleh adanya perbedaan beban yang diterima, variasi temperatur dan pemodelan kontak (sliding dan rolling). Alat uji pin-on-disc ini terhubung dengan suatu program pada komputer sehingga pengaturan variasi putaran, temperatur dan jumlah putaran disc dapat dengan mudah di atur dengan tujuan agar dalam pengujian lebih mudah untuk memvariasikan parameter yang akan dipakai. Kontrol yang dipakai pada alat ini menggunakan mikrokontroler sebagai pengatur dari peralatan yang ada pada alat uji ini ke komputer. Variasi yang disediakan pada alat ini terdapat pada beban yang dapat diganti, temperatur yang dapat dirubah dari 5 °C sampai 80°C, putaran motor DC dapat diatur dan jumlah putaran disk dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengujian. Untuk mengetahui gaya yang bekerja karena adanya pengaruh putaran pada lengan dipasang sensor gaya yang dapat langsung diketahui datanya pada komputer. Sensor yang digunakan adalah sensor suhu tipe DS18B20 merupakan sensor suhu digital yang mempunyai keluaran berupa data, sensor gaya menggunakan loadcell, sensor putaran menggunakan optocoupler U, pemanas yang digunakan yaitu peltier dan catu daya menggunakan swiching. Hasil penelitian menunjukkan temperatur memiliki peran dalam mempengaruhi keausan pada suatu material, semakin tinggi suhu yang diberikan semakin tinggi tingkat keausan yang akan terjadi.*

**Kata Kunci:** *Perancangan, Mekanika kontak, Pin on Disc, Temperatur, Sensor*

## 1. PENDAHULUAN

*Tribotester* adalah suatu alat yang digunakan sebagai alat uji untuk mengetahui kondisi dari material tersebut. *Pin on disc* merupakan salah satu dari *Tribotester* yang nantinya digunakan sebagai alat uji suatu material untuk mengetahui prediksi keausan dan gesekan. *Pin on Disc* terdiri dari pin yang berupa bola yang terbuat dari material tertentu dan disc yang juga dapat divariasikan jenis materialnya. Pada proses pengujian menggunakan *Pin on Disc*, bola ditekan pada disc dengan beban tertentu yang berputar dengan kecepatan putaran tertentu juga.

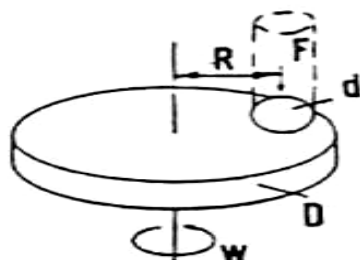
Temperatur juga mempengaruhi umur pakai dari suatu material, baik temperatur dari lingkungan, perubahan temperatur dari gesekan ataupun pangaruh perubahan temperatur dari material tersebut. Permukaan yang tidak benar-benar bersih, kondisi material yang tidak seragam, kecepatan dan gerakan *rolling*, *rolling-sliding*, *sliding*, *fretting*, dan *impact* yang bervariasi dapat menyebabkan gesekan awal lebih tinggi dari pada gesekan tahap *sliding* selanjutnya. Hal ini menjadi gaya gesek menjadi tidak tunak. Terkadang gesekan antar permukaan mengalami perubahan yang cepat setelah melewati periode tunak. Jika kondisi ini terjadi, maka topografi permukaan menjadi tidak rata dan tekanan kontak semakin besar jika dibandingkan kondisi awal. Efeknya umur pakai menjadi pendek.

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka rancang bangun alat uji *Pin-on-disc* yang khususnya desain pemanas ini bertujuan : Mengetahui pengaruh perbedaan temperatur pada material, terhadap umur material tersebut. Penelitian tentang keausan karena kontak mekanik mempunyai manfaat terhadap prediksi luluhnya material yang merupakan awal dari proses keausan

akan dapat mendekati kenyataan yang sesungguhnya. Secara makro dapat dikatakan bahwa umur pakai sebuah material dapat diprediksi secara akurat dengan memodelkan permukaan sebuah benda.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

*Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus (ASTM G-99)*. Pada ASTM G-99 menjelaskan tentang standar dalam perancangan alat Uji *Pin on disc*. Metode uji ini menjelaskan untuk skala laboratorium untuk menentukan umur suatu bahan selama meluncur menggunakan pin-untuk aparatur-disk. Adapun Instrumentasi dan Data yang dapat diperoleh : RPM, Keausan, Gaya gesekan, Suhu, Pengukuran resistensi kelistrikan.



**Gambar 2.1.** Skema umum *Pin-on-Disk*, dimana F : Beban normal, R : Radius jalur yang digunakan, d : Diameter bagian atas bola pin, D : Diameter disk, w : Kecepatan rotasi (ASTM G99-95a)

Tahapan keausan dalam hubungannya dengan waktu pakai terdiri atas tiga tahap (Jamari, 2006). Tahap pertama adalah tahap *runing-in*. Pada tahap ini, keausan meningkat secara signifikan tetapi laju keausan berkurang seiring dengan bertambahnya waktu ataupun *rolling* maupun jarak *sliding*.

### 2.1. Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor (*heat transfer*) merupakan ilmu yang meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material. Jika pada suatu benda terdapat gradien suhu (*temperatur gradient*), maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah. Energi berpindah secara konduksi atau hantaran dan bahwa laju perpindahan kalor itu berbanding dengan gradien suhu normal.

$$\frac{q}{A} \sim \frac{\partial T}{\partial x} \dots\dots\dots 2.1$$

Perpindahan panas dari beban ke lingkungan sekitar, sebagian besar fungsi dari dua konduksi termal-proses dan konveksi. Konduksi adalah transfer panas melalui materi (isolasi, komponen struktural, segel, kancing, dll) dan merupakan fungsi dari perbedaan suhu (yaitu, *Delta T*) di seluruh material, dimensi fisik, dan konduktivitas termal dari bahan (K). *Konveksi* adalah perpindahan panas di lapisan batas udara pada permukaan material. Ini adalah fungsi dari  $\Delta T$  seluruh lapisan batas dan laju gerakan udara pada gerakan-permukaan lebih cepat udara, semakin besar konveksi panas. konveksi merupakan komponen yang relative tidak penting dan Anda seringkali dapat memfokuskan secara eksklusif pada elemen konduktif. Persamaan berikut dapat digunakan untuk memperkirakan beban murni konduktif:

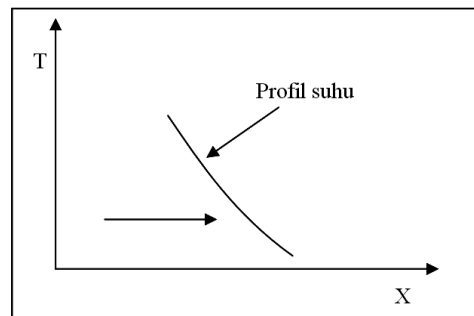
$$Q = \frac{\Delta T.K.A}{L} \dots\dots\dots 2.2$$

dimana :

- Q adalah jumlah panas yang dilakukan (bisa juga dinyatakan dalam BTU / jam atau watt, meskipun dalam industri *thermoelectric*, dokumentasi dukungan sebagian besar didasarkan pada wattage);
- $\Delta T$  adalah perbedaan suhu antara beban panas dan lingkungan sekitar (dalam ° F untuk BTU / perhitungan jam, dalam °C untuk watt);

- $K$  (Kappa) adalah konduktivitas termal dari material yang dinyatakan dalam BTU baik / ° jam-kaki F atau watt/meter °C;
- $L$  adalah ketebalan bahan (di kaki untuk BTU / perhitungan jam, meter untuk watt), dan
- $A$  adalah luas permukaan terkena material (dalam kaki persegi untuk BTU / perhitungan jam, meter persegi untuk watt).

Konstanta positif  $k$  disebut *konduktivitas* atau kehantaran termal benda itu, sedangkan tanda minus diselipkan agar memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir ketempat yang lebih rendah dalam skala suhu, sebagaimana juga ditunjukkan dalam sistem koordinat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Bagan yang menunjukkan arah aliran kalor.

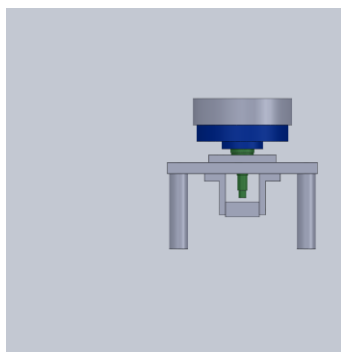
### 3. PROSES DESAIN DAN MANUFAKTUR

#### 3.1. Desain pemanas pada alat uji *pin-on-disc*

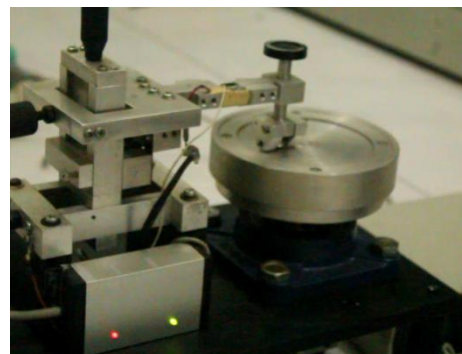
Penelitian ini adalah pada rancang bangun dan pengujian pemanas alat uji *Pin-on-Disc*. Pada perancangan ini menggunakan solidworks 2010 untuk mendesain alat uji tersebut. Serta pengujian yang dimampu dilakukan oleh alat tersebut dengan variasi temperatur yang hasilnya dapat langsung dilihat pada komputer.



Gambar 3.1. Desain Pin on Disc



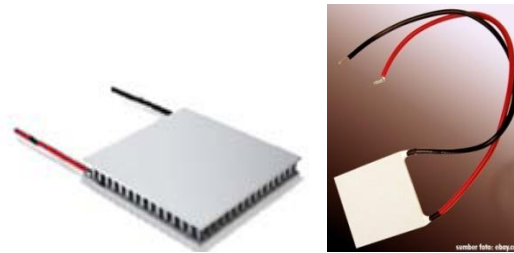
Gambar 3.2. Desain pemanas disc



Gambar 3.3. Pemanas disc

### 3.2. Persiapan elemen pemanas

Pada alat uji Pin-On-Disc ini Alat pemanas disk menggunakan peltier (Gambar 3.4) dan pengontrol suhu pada disk.

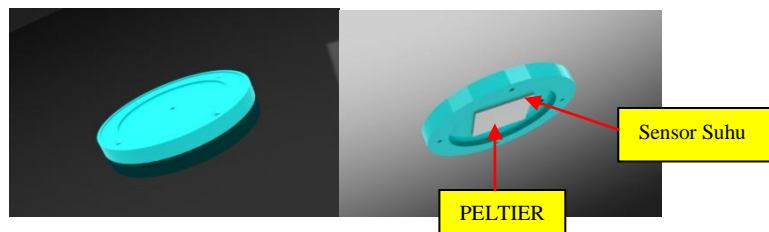


Gambar 3.4. Peltier

Spesifikasi dari peltier yang digunakan :

- *Thermoelectric*
- Bagian luar komponen ini dibungkus sejenis keramik tipis yang berisikan batang-batang BismuthTelluride di dalamnya
- Tinggi = 3,94 mm
- Panjang = 29,70mm
- Lebar = 29,70 mm

Penempatan elemen pemanas dan sensor diletakkan didalam piringan tempat material uji.



Gambar 3.5. Penempatan Peltier dan Sensor suhu pada dudukan disc

Data peralatan dan sensor yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

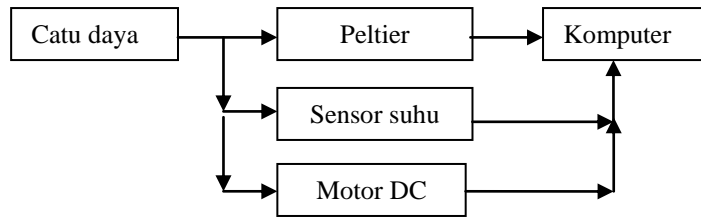
Tabel 3.1. Tabel alat dan spesifikasi

No	Alat	Spesifikasi
1	Motor DC	Tegangan max 24 volt
2	Sensor Gaya	Load cell dengan resolusi 1 gram
3	Sensor Suhu	Type DS18B20
4	Sensor Putaran	Optocoupler H21A2
5	Pemanas	PELTIER Seri 9501/127/030 B
6	Driver Motor	Mosfet Seri IRFZ44, teg s/d 60 volt & arus s/d 50 A
7	Catu Daya	Swiching max 22A
8	Driver Control	ATMEGA 16

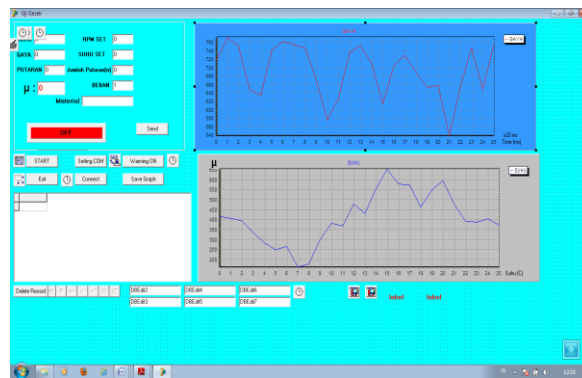
### 3.1. Sistem pengoperasian

Pengoprasian pemanas dan sensor serta perangkat yang lain langsung dalam 1 kontrol didalam komputer dengan software *DHELPI*.

Alur penggunaan Pemanas pada alat uji :



Gambar 3.6. Alur kerja rancangan alat uji



Gambar 3.7. Software pengoperasian

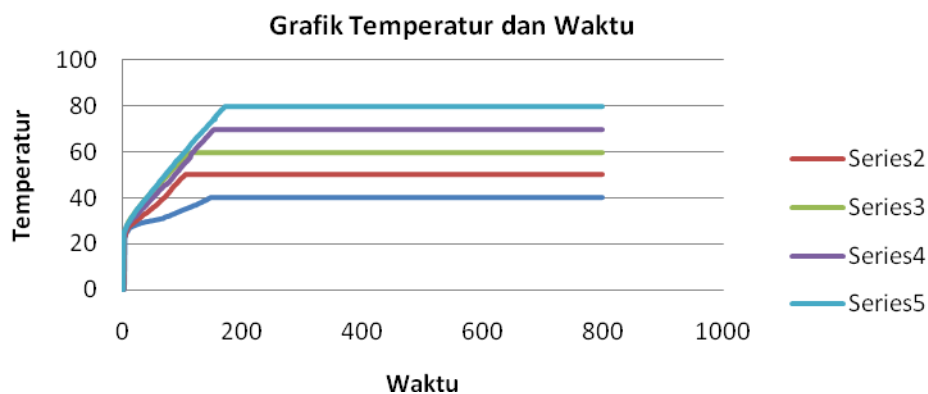
### 3.2. Analisa Data

Dari perencanaan dan pembuatan alat uji tersebut maka dapat ditentukan beberapa data-data dari hasil pengujian. Parameter perancangan ini nantinya membandingkan variasi pengujian :

Tabel 3.2. Tabel Variasi Parameter

No	Parameter	Keterangan
1	Putaran	5 Rpm sampai dengan 30 Rpm
2	Jarak rolling	Disc (material uji) Ø 95 mm
3	Beban	0,05 N sampai dengan 5 N
4	Temperatur	25 °C sampai dengan 85°C
5	Bola baja	Diameter 6 mm sampai dengan 10 mm

Data pengujian yang direncanakan dengan beban 1,2,3 dan 5 N, bola baja diameter 10 mm, variasi temperatur dibagi menjadi 5 level (40° C,50° C ,60° C ,70° C ,80° C) :



Gambar 3.8. Grafik hubungan temperatur dan waktu dari pemanas *pin-on-disc*

#### 4. KESIMPULAN

Pengaruh temperatur pada menggunakan pin-on-disk ini. Ditemukan bahwa pengaruh temperatur terhadap kontak antara permukaan pada temperatur tinggi permukaan gesekan, hasil dalam gesekan tinggi dan permukaan mengalami kerusakan. Disimpulkan bahwa seperti memakai mekanisme dan transisi sebagai hasil dari peningkatan temperatur. Kekurangan dari desain ini adalah pada proses peningkatan temperatur yang tidak bisa cepat dan tidak bisa untuk mencapai temperatur yang tinggi.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- N. MARJANOVIC, B. TADIC, B. IVKOVIC, S. MITROVIC. "Design of Modern Concept Tribometer with Circular and Reciprocating Movement". Tribology in industry, Volume 28, No. 3&4, 2006.
- Johnson, K. L. (1985). *Contact Mechanics*, 9<sup>th</sup> Edition, Cambridge University Press, New York.
- Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus (ASTM G-99)
- Ing. Jiří Hájek, Dr. Ing. Antonín Kříž, Ing. Petr Beneš (2005), "Tribological behaviour of hardwear resistant layers at high temperatures", University of West Bohemia in Pilsen.
- Miti Developments, Mohawk Innovatiove. Technology,inc.(februari 2002) "High Speed, High Temperature Tribometers, HTP Series" vol 14.
- Jamari, . 2006." *Running-in of Rolling Contacts*", PhD Thesis, University of Twente, Enschede, The Netherlands.
- Yan, W., O'Dowd, N. P., & Busso, E. P. (2002). *Numerical study of sliding wear caused by a loaded pin on a rotating disc*. J. Mech. Phys. Sol., 50, 449-470.
- Amro M. Al-Qutub (april 2009)," *EFFECT OF HEAT TREATMENT ON FRICTION AND WEAR BEHAVIOR OF Al-6061 COMPOSITE REINFORCED WITH 10% SUBMICRON Al2O3 PARTICLES*", Department of Mechanical Engineering King Fahd University of Petroleum and Minerals Dhahran, Saudi Arabia
- A. Zulfia dan M. Ariati (APRIL 2006), Departemen Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Rahmat Saptono. Universitas Indonesia (2005), *Prinsip-Prinsip Desain Rekayasa (Engineering Design Principles by Kenneth S. Hurst. University of Hull)*
- Zum – Gahr, K. H. (1987). *Microstructure and Wear of Materials*. Elseiver, Amsterdam, The Netherlands.
- Stachowiak, Gwidon W. (2005) *Wear – Materials, Mechanisms And Practice*. John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, England.
- Suh, N. P. (1986). *Tribophysics*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliff, New Jersey.
- Blau, P. J. (2001). *The significance and the use of friction coefficient*. Tribology International, 34, 585-591.
- Stachowiak, Gwidon W. & Batchelor, Andrew W. (2005) *Engineering Tribology*. 3<sup>th</sup> Edition, Elseiver, Burlington, USA.
- Liu, R. & Li, D.Y. (2001). *Modification of Archard's equation by taking account of elastic/pseudoelastic properties of materials*. Wear, 251, 956-964.
- J.P Holman .translate by Ir. E. Jasjfi M.Sc. LEMIGAS. Penerbit ERLANGGA. (1994), *Perpindahan kalor* .edisi keenam.
- Info@imperialsscientific.com. "Pin on Disc type Tribometer Friction & Wear Machine".
- Paul C. Okonkwo, Georgina Kelly, Bernard F. Rolfe & Michael P. Pereira. (2012). *The effect of temperature on sliding wear of steel-tool steel pairs*. Wear 282-283 (2012) 22-30.
- Paul C. Okonkwo, Michael P. Pereira Georgina Kelly & Bernard F. Rolfe.