

## Analisis Umur Pakai Lapisan Teflon pada Permukaan *Prototype* Alat Masak dari Ketahanan Aus Terhadap Gesekan Sutil

Alam Prasetya Bayu Aji<sup>1\*</sup>, Suyitno<sup>2</sup>, Fuad Hilmy<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>)Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tidar

Jalan Kapten Suparman No. 39, Kota Magelang 56116, Tlp. (0293)364113

\*Corresponding Author: alamprasetya19@gmail.com

### ABSTRAK

Alat masak berlapis teflon merupakan produk sekali pakai karena dalam penggunaannya melibatkan proses penghancuran fisik yang tak terhindarkan. Keausan dari gesekan sutil selama proses memasak adalah salah satu proses penghancuran fisik penyebab kerusakan pada lapisan teflon. Waktu hingga terjadinya kerusakan pada lapisan teflon akibat keausan dari gesekan sutil dapat digunakan untuk menghitung umur pakai lapisan teflon tersebut. Penelitian ini menggunakan metode distribusi Weibull untuk menghitung umur pakai lapisan teflon pada *prototype* alat masak, dengan hasil perhitungan menunjukkan ekspektasi umur pakai sekitar 20.335,5 gesekan dengan tingkat keandalan sebesar 47%. Hasil perhitungan tersebut adalah gambaran spesifikasi umur pakai lapisan teflon pada *prototype* alat masak yang akan digunakan pada dapur rumah tangga.

### ABSTRACT

*Teflon-coated cookware is a disposable product because its use involves an inevitable physical destruction process. The wear and tear of the glaze during the cooking process is one of the physical destruction processes that cause damage to the teflon coating. The time until the occurrence of damage to the teflon coating due to wear from the friction of the utensil can be used to calculate the service life of the teflon coating. This study uses the Weibull distribution method to calculate the service life of the teflon coating on the cookware prototype, with the calculation results showing an expected lifespan of about 20,335.5 friction with a reliability level of 47%. The results of these calculations are a description of the specifications of the service life of the Teflon coating on the cookware prototype that will be used in household kitchens.*

**Keywords:** Reliability, Wear, Prototype, Teflon, Lifespan

### PENDAHULUAN

Teflon atau nama lain dari PTFE (*polytetrafluoroethylene*) adalah material yang populer sebagai pelapis permukaan pada peralatan masak di Indonesia. Artikel Tempo tahun 2011 menyatakan bahwa alat masak berlapis teflon dari produk Maxim telah digunakan oleh sepuluh persen dari total 45 juta warga negara Indonesia [1]. Sifat anti lengket pada lapisan teflon membuat lapisan ini digemari oleh konsumen, akan tetapi keausan dari perlakuan gesek pada proses memasak menjadi tantangan yang dihadapi teflon sebagai pelapis permukaan alat masak.

Produk alat masak merupakan produk sekali pakai karena dalam penggunaannya disertai proses penghancuran fisik yang tidak dapat dihindari [2]. Perlakuan gesek sutil pada

proses memasak merupakan salah satu proses penghancuran fisik lapisan teflon pada alat masak. Setiap gesekan sutil menimbulkan keausan yang seiring berjalannya pemakaian mengakibatkan fungsi lapisan teflon menjadi berkurang.

Perlakuan gesek sutil pada proses memasak menciptakan kombinasi antara dua jenis gaya gesek, yaitu statis dan kinetis atau biasa disebut *stick slip friction*. Kombinasi tersebut terjadi karena gerakan *reciprocating* sutil pada saat proses memasak makanan berlangsung. *Stick slip friction* membuat dampak keausan menjadi lebih besar [3].

Penelitian ini membahas perhitungan umur pakai lapisan teflon pada permukaan *prototype* alat masak dari keausannya terhadap gesekan sutil dengan menggunakan metode distribusi Weibull. Metode distribusi Weibull digunakan dalam rekayasa keandalan dan

statistika untuk memodelkan waktu hingga kerusakan atau bisa disebut TTF (*Time To Failure*) suatu sistem atau komponen [4]. Analisis statistik waktu hingga kegagalan menggunakan model Weibull memberikan alat analisis yang kuat untuk mengkarakterisasi fungsi probabilitas waktu hingga kegagalan produk [5].

Pengujian sederhana ketahanan aus lapisan teflon berdasarkan asumsi kerusakan akibat pemakaian berkala pada dapur rumah tangga dilakukan untuk mendapatkan data waktu hingga kerusakan lapisan teflon pada *prototype*. Produk alat masak berlapis teflon dari Maxim juga diuji dengan pengujian yang sama sebagai pembandingan kualitas.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui umur pakai lapisan teflon pada *prototype* alat masak dari ketahanan ausnya terhadap gesekan sutil. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif proses yang murah dan sederhana untuk menghitung umur pakai *prototype* alat masak berlapis teflon.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: Laptop, Perangkat lunak statistik, Motor listrik DC, Kompor listrik, Tachometer, Termokopel, Timbangan digital, Sutil *stainless steel*, Sutil Kayu, Minyak goreng.

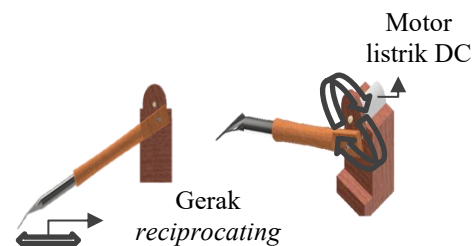
### Proses Pelapisan Teflon pada *Prototype* Alat Masak

Langkah pertama dari proses pelapisan PTFE atau teflon yaitu menghaluskan permukaan logam *prototype* peralatan masak menggunakan mesin sand blasting. Tekanan udara yang digunakan pada kompresor sebesar 120 psi. Permukaan logam dihaluskan secara merata untuk memaksimalkan lapisan teflon melekat dan terserap sempurna pada permukaan logam. Langkah kedua, *prototype* peralatan masak di cuci menggunakan air untuk memastikan tidak ada partikel pasir yang menempel. *Prototype* yang telah dicuci

dikeringkan dengan suhu 120° C selama 10 menit.

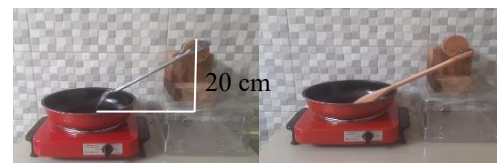
Langkah selanjutnya mengaduk cairan teflon menggunakan alat *mixer* dengan kecepatan 600 rpm sebelum diaplikasikan pada permukaan *prototype* alat masak. Penyemprotan dilakukan menggunakan metode *conventional spray coating*. Penyemprotan dilakukan sebanyak dua kali meliputi penyemprotan lapisan dasar (*base coat*), dan lapisan atas (*top coat*). Setiap lapisan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 400-420°C selama 30 menit.

### Pengujian Ketahanan Aus



Gambar 1. Skema alat uji ketahanan aus

Mekanisme motor listrik dc pada gambar alat uji diatas menghasilkan gerak *reciprocating* pada sutil. Ujung sutil sebagai kontak lawan diletakan pada permukaan lapisan teflon dengan elevasi ujung gagang sutil berjarak 20 cm dari permukaan teflon.



Gambar 2. Pengujian ketahanan aus lapisan teflon *prototype*



Gambar 3. Pengujian ketahanan aus lapisan teflon Maxim

Pengujian ketahanan aus dilakukan hingga permukaan lapisan teflon mengelupas. Pengujian dilakukan dengan variasi material sutil *stainless steel* dan kayu. Setiap 10 menit pengujian dijeda untuk menjaga lapisan teflon tidak mengalami peningkatan suhu yang berlebih.

### Perhitungan Umur Pakai

*Software* statistik digunakan sebagai alat bantu pengolahan data dan perhitungan umur pakai menggunakan metode distribusi Weibull dua parameter. Fungsi kerapatan probabilitas (PDF) dari distribusi Weibull diberikan oleh persamaan:

$$f(x; \lambda, k) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} \exp\left[-\frac{x^k}{\lambda}\right]$$

Dimana :

$x$  adalah variabel acak

$\lambda$  adalah parameter skala

$k$  adalah parameter bentuk

Metode estimasi parameter distribusi yang digunakan adalah metode kuadrat terkecil (*least square method*). Parameter skala dan bentuk yang didapat digunakan untuk menghitung rata-rata waktu hingga kerusakan atau MTTF (*Mean Time To Failure*) dari lapisan teflon pada *prototype* alat masak dengan persamaan.

$$MTTF = \lambda \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$$

Dimana :

$\Gamma$  adalah fungsi gamma.

Perhitungan keandalan dilakukan untuk mengetahui probabilitas suatu produk dapat bekerja sebagaimana mestinya pada nilai tertentu. Fungsi keandalan dalam distribusi Weibull dinyatakan:

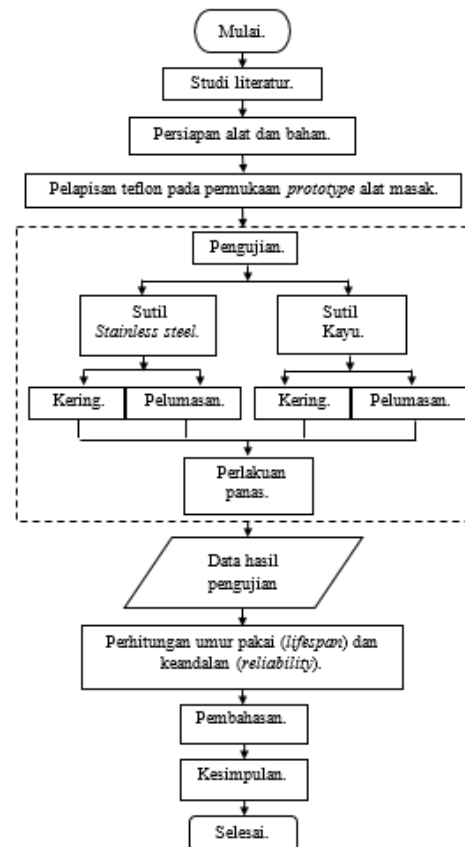
$$R(t) = e^{\left[-\frac{t^k}{\lambda}\right]}$$

Dimana :

$R(t)$  adalah keandalan pada waktu  $t$ .

$e$  adalah bilangan euler (2,71828).

### Diagram Alir Perancangan



Gambar 4 Alur perancangan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Pengujian Sederhana Ketahanan Aus.

Variasi kondisi yang diterapkan pada pengujian yaitu kondisi kering dengan perlakuan panas (kondisi 1) sebagai asumsi penggunaan pada saat menyangrai bahan makanan, dan kondisi pelumasan dengan perlakuan panas (kondisi 2) sebagai asumsi penggunaan saat menumis bahan makanan.

#### Estimasi Parameter Distribusi

Estimasi parameter distribusi probabilitas dilakukan dengan menggunakan *software* statistik. Metode kuadrat terkecil

(Least square) digunakan dalam mengestimasi parameter bentuk dan skala pada distribusi Weibull. Hasil estimasi parameter ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 1 Data hasil pengujian ketahanan aus spesimen lapisan teflon *prototype*

Spesimen	Lapisan Teflon Prototype			
Material sutil	SS	SS	Kayu	Kayu
Kondisi	1	2	1	2
Rpm	135	135	145	145
Beban (gr)	33	33	29	29
Suhu °C	125	125	125	125
TTF (menit)	87	145	98	244
Jumlah gesekan (TTF.Rpm)	11.745	19.575	14.210	35.380

Tabel 2 Data hasil pengujian ketahanan aus spesimen lapisan teflon Maxim

Spesimen	Lapisan Teflon Maxim			
Material sutil	SS	SS	Kayu	Kayu
Kondisi	1	2	1	2
Rpm	135	135	145	145
Beban (gr)	33	33	29	29
Suhu °C	125	125	125	125
TTF (menit)	154	207	162	294
Jumlah gesekan (TTF.Rpm)	20.790	27.945	23.490	42.630

Tabel 3 Data estimasi parameter distribusi.

Spesimen	Parameter Bentuk ( $k$ )	Parameter Skala ( $\lambda$ )
Prototype	2,22201	22861,6
Maxim	3,47168	31692,4

Hasil estimasi parameter yang didapat digunakan untuk menghitung umur pakai lapisan teflon.

### Hasil Perhitungan umur pakai (*Lifespan*).

Dalam kasus keausan pada lapisan teflon alat masak, umur pakai yang dihasilkan didasarkan pada rata-rata jumlah gesekan yang diperlukan hingga kerusakan lapisan teflon. Hal tersebut disebabkan karena penggunaan alat masak pada dapur rumah tangga tidak dapat di prediksi.

Pergeseran budaya pada era teknologi yang membuat budaya memasak makanan kehilangan urgensinya [6]. Pemakaian alat masak pada dapur secara masif setiap hari dan tidak menentu oleh seluruh anggota rumah menjadi alasan dari jumlah gesekan menjadi lebih relevan untuk menggambarkan umur pakai lapisan teflon pada alat masak. Hasil perhitungan umur pakai lapisan teflon dari masing-masing spesimen ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 3 Umur pakai (*lifespan*) lapisan teflon *prototype* dan produk Maxim

Spesimen	<i>Lifespan</i> (rata-rata gesekan)
Prototype	20.247,6
Maxim	28.546,9

Umur pakai yang dihasilkan merupakan angka ekspektasi gesekan yang dibutuhkan hingga lapisan teflon mengalami kerusakan akibat aus dari pengaruh gesekan sutil pada semua variasi uji. Tabel diatas menyatakan bahwa perbandingan ketahanan aus lapisan teflon *prototype* dengan lapisan teflon produk Maxim sebesar 1 : 1,4 dalam ketahanan aus pada pemakaian dapur rumah tangga.

### Perhitungan Keandalan Lapisan Teflon

Keandalan lapisan teflon pada masing-masing spesimen diperiksa dari hasil umur pakai (*lifespan*) lapisan teflon yaitu pada 20.000 dan 29.000 siklus gesekan *reciprocating*. Keandalan setelah umur pakai juga di periksa untuk mengetahui seberapa jauh lapisan teflon dapat bertahan melebihi umur pakainya yaitu pada jumlah 30.000 siklus gesekan *reciprocating*. Hasil perhitungan disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4 Perbandingan keandalan lapisan teflon

No	Siklus gesekan	R(t) teflon <i>prototype</i>	R(t) teflon Maxim
1	20.000	47,8%	81,3%
2	29.000	18,7%	48,2%
3	30.000	16,5%	44,1%

Keandalan lapisan teflon *prototype* pada ekspektasi gesekan yang diperlukan hingga kerusakan terhitung lebih rendah dibanding keandalan lapisan teflon produk Maxim. Keandalan pada pemakaian 20.000 gesekan lapisan teflon pada *prototype* menghasilkan angka sebesar 47%, dimana 53% kerusakan akan sering terjadi pada akumulasi gesekan tersebut, sedangkan pada produk Maxim keandalan masih berada pada angka 81%, dimana produk Maxim masih sangat andal digunakan pada akumulasi gesekan tersebut. Namun, pada pemakaian 29.000 gesekan, keandalan lapisan teflon pada produk Maxim turun menjadi 48%, sedangkan keandalan lapisan teflon pada *prototype* turun drastis menjadi 18%

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan setelah perhitungan umur pakai lapisan teflon dari data pengujian sederhana ketahanan aus lapisan teflon terhadap gesekan variasi material sutil dalam berbagai kondisi menghasilkan umur pakai berdasarkan akumulasi gesekan sebesar 20.335,5 pada *prototype* alat masak, dan 28.617,2 gesekan pada produk Maxim. Perbandingan umur pakai *prototype* dengan produk Maxim adalah

1 : 1,4 hal tersebut menunjukkan ketahanan aus lapisan teflon pada *prototype* masih dapat bersaing dengan produk maxim dengan asumsi penggunaan pada dapur rumah tangga.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Tempo, "PT Maspion Kebal Gempuran Produk Cina." Tempo. co. Accessed: June 9, 2023. [Online]. Available: <https://bisnis.tempo.co/read/331927/pt-maspion-kebal-gempuran-produk-cina>
- [2]. Pan, Chung-Chu., and Liou Chu. 2009. "Reliability Assessment for One-shot Product with Weibull Lifetime Components". International Journal of Quantitative Research and Modeling, 27(5), 596-610.
- [3]. Rahmat, R. B. S., and Yusuf, K. 2017. "Studi Eksperimental Kedalaman Aus dan Koefisien Gesek Akibat *Stick-Slip* pada *Reciprocating wear*". Jurnal Teknik ITS, 6(2), 2337-3539.
- [4]. U. Unaijah and S. Darwis, "Prediksi Sisa Umur Bearing Menggunakan Distribusi Weibull," *J. Ris. Stat.*, pp. 73–81, 2022.
- [5]. L. Zhai, W. Lu, Y. Liu, X. Li, and G. Vachtsevanos, "Analysis of Time-to-Failure Data with Weibull Model in Product Life Cycle Management," pp. 2–6, 2013.
- [6]. K. S. Ontotyaswari, K. Jayanti, A. Nasher, and D. J. Anggraini, "Analisis Motif Dan Pergeseran Budaya Dalam Mengkonsumsi Fast Food Pada Generasi Milenial," *Ilmu Komun.*, vol. 12, no. 2, pp. 16–26, 2022.