



Analisis Kenaikan Temperatur terhadap Kegagalan Produk pada Mesin Filling

Analysis of Temperature Increase on Product Failure in Filling Machines

Rio Adi Saputra¹⁾; Margono Sugeng²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Dian Nusantara, Jln. Tanjung Duren Barat II No. 1 Grogol, Jakarta Barat.

Email: ¹⁾ 511211044@mahasiswa.undira.ac.id, ²⁾ margono.sugeng@undira.ac.id

How to Cite :

Saputra, R. A., Sugeng, M. (2025). Analisis Kenaikan Temperatur terhadap Kegagalan Produk pada Mesin Filling. *Sinta Journal* ,6 (1), 81-94. DOI: <https://doi.org/10.37638/sinta.6.1.81-94>

ARTICLE HISTORY

Received [xx Month xxxx]

Revised [xx Month xxxx]

Accepted [xx Month xxxx]

KEYWORDS

Filling machine, heat increase, sealing jaws, product failure, heat transfer, Teflon, production efficiency

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara empiris pengaruh kenaikan temperatur pada sealing jaws terhadap tingkat kegagalan produk dan efisiensi produksi pada mesin filling kemasan sachet bubuk. Mesin filling memiliki peran penting dalam menjaga kualitas kemasan, di mana kestabilan suhu pada komponen sealing merupakan faktor kunci dalam memastikan performa penyegelan yang optimal. Literatur menunjukkan bahwa fluktuasi suhu sebesar $\pm 10^{\circ}\text{C}$ dari titik optimal 200°C dapat memicu cacat kritis seperti seal break, seal crack, dan oversealing, yang berdampak signifikan terhadap kualitas produk serta meningkatkan waktu henti produksi (downtime). Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan dua skenario: sebelum dan sesudah penerapan lapisan Teflon tahan panas pada sealing jaws. Pengumpulan data mencakup pengukuran suhu kerja, energi panas (Q), durasi pemanasan, tekanan sealing, serta tingkat kegagalan produk dari 60 sachet per siklus produksi dalam rentang suhu $180\text{--}220^{\circ}\text{C}$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebelum dilakukan perbaikan, perpindahan panas mencapai $323,4\text{ Watt}$ dengan waktu pemanasan 10 menit dan tingkat kegagalan produk rata-rata sebesar 25%, dengan kekuatan segel hanya mencapai 0,8 bar dan tekanan sealing sebesar 420 Joule. Setelah dilakukan perbaikan, terjadi penurunan energi panas menjadi 270 Watt, distribusi suhu menjadi lebih stabil, waktu pemanasan berkurang menjadi 9,5 menit, dan tingkat kegagalan produk turun drastis hingga di bawah 5%. Peningkatan ini menghasilkan efisiensi produksi yang jauh lebih tinggi. Studi ini membuktikan bahwa pengendalian suhu yang presisi dengan menerapkan hukum konduksi panas Fourier serta penggunaan insulator termal seperti Teflon efektif

dalam meminimalkan cacat produk dan mengoptimalkan kinerja mesin pengemasan.

ABSTRACT

This study aims to empirically analyze the effect of temperature rise on sealing jaws toward product failure rate and production efficiency in a powder sachet filling machine. The filling machine plays a crucial role in maintaining packaging quality, where temperature stability in the sealing component is a key factor for successful sealing performance. Literature indicates that a temperature fluctuation of $\pm 10^{\circ}\text{C}$ from the optimal setpoint of 200°C can trigger critical defects such as seal break, seal crack, and oversealing, significantly impacting product quality and increasing downtime. The research was conducted experimentally using two scenarios: before and after the application of a heat-resistant Teflon layer on the sealing jaws. Data collection involved measuring working temperatures, thermal energy (Q), heating duration, sealing pressure, and the failure rate out of 60 sachets per production cycle within a temperature range of $180\text{--}220^{\circ}\text{C}$. The findings revealed that prior to improvement, heat transfer reached 323.4 Watts with a heating time of 10 minutes and an average product failure rate of 25%, while seal strength was limited to 0.8 bar and sealing pressure reached 420 Joules. Post-improvement results showed a reduction in energy transfer to 270 Watts, stabilized temperature distribution, reduced heating time to 9.5 minutes, and a drastic reduction in product failure to below 5%. These improvements led to significantly higher production efficiency. The study confirms that precise temperature control using Fourier's law of heat conduction and thermal insulators like Teflon is effective in minimizing product defects and optimizing packaging machine performance.

PENDAHULUAN

Dalam proses produksi kemasan sachet bubuk, mesin filling memiliki peran penting dalam mengisi produk secara presisi dan higienis. Namun, peningkatan temperatur pada komponen mesin, terutama di area sealing dan pengisian, sering menyebabkan deformasi material kemasan, penguapan cairan, hingga potensi kerusakan segel. Fenomena ini memicu kegagalan produk yang ditandai oleh seal break, seal crack, hingga kontaminasi isi. Secara termodinamika, suhu berlebih akan meningkatkan energi kinetik molekul sehingga mempercepat degradasi termal material kemasan. Selain itu, ketidakterkendaliannya dapat menyebabkan gangguan tekanan internal dan perubahan viskositas produk yang memengaruhi volume pengisian (Santoso et al., 2024).

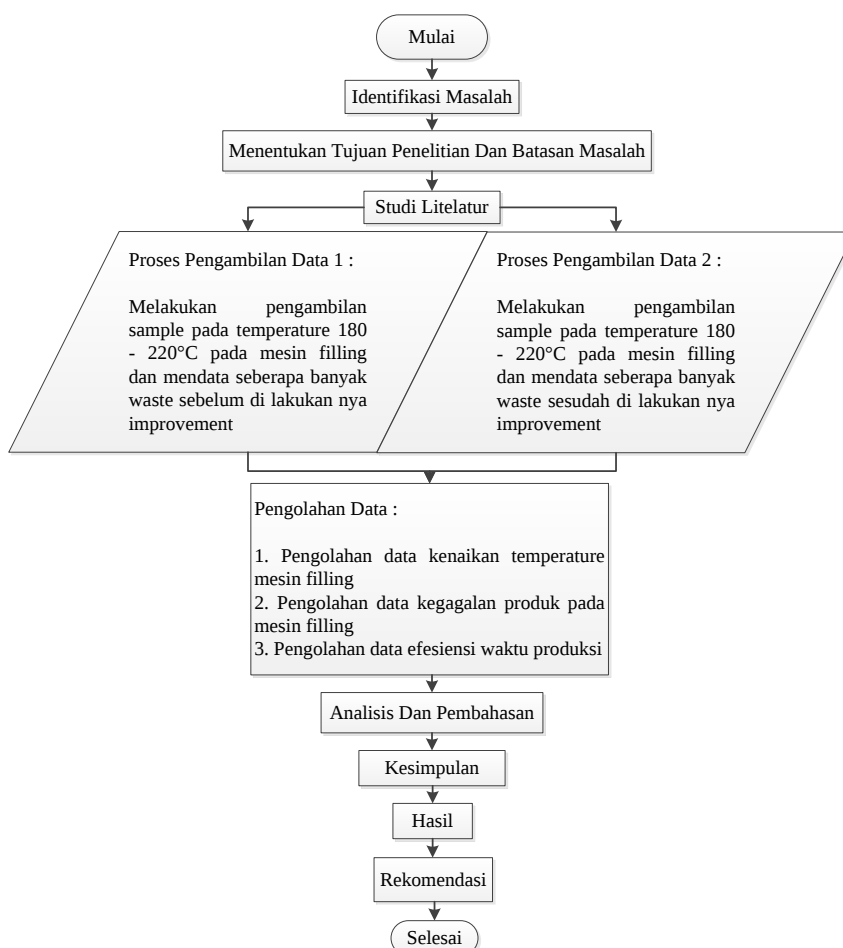
Menurut (S. N. Pratiwi et al., 2019), ketidaksesuaian suhu sealing pada mesin filling berkontribusi signifikan terhadap jumlah produk gagal di lini produksi minuman serbuk. Suhu yang tidak stabil juga mempercepat keausan komponen seperti lapisan teflon pada sealing jaws, yang kemudian mengakibatkan distribusi panas menjadi tidak merata dan menimbulkan risiko tambahan terhadap kualitas segel. Selain berdampak pada kualitas fisik kemasan, kenaikan suhu yang tidak terkendali juga dapat mempengaruhi mutu produk di dalam kemasan.

Fenomena kegagalan produk akibat ketidakterkendalinya suhu pada mesin filling tidak hanya menurunkan mutu kemasan, tetapi juga berdampak langsung terhadap

efisiensi proses dan kerugian ekonomi berupa peningkatan produk reject serta ketidakpuasan pelanggan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis secara sistematis pengaruh kenaikan temperatur terhadap jenis-jenis kegagalan yang muncul, serta mengidentifikasi batas aman suhu kerja sealing jaws. Hasil penelitian diharapkan memberikan kontribusi teknis dalam pengendalian suhu selama proses produksi guna meningkatkan efisiensi, menjaga konsistensi kualitas produk, dan mengurangi risiko kegagalan akibat penyegelan yang tidak optimal. Dengan pemahaman menyeluruh terhadap relasi antara suhu dan performa pengemasan, studi ini bertujuan mendukung pengembangan sistem produksi yang lebih andal dan sesuai standar industri.

METODE PENELITIAN

Gambar 1 merupakan diagram alir penelitian ini menjelaskan tahapan sistematis dalam proses analisis kenaikan temperatur terhadap kegagalan produk pada mesin filling sachet bubuk. Langkah-langkah dalam penelitian ini disusun untuk memastikan pendekatan ilmiah, empiris, dan terukur sehingga hasil yang diperoleh dapat dijadikan dasar teknis dalam pengendalian suhu dan peningkatan efisiensi produksi (Pratama & Susanti, 2018).



Gambar 1 Diagram Alir

Eksperimen dilaksanakan pada mesin filling otomatis merek Universal Pack dengan spesifikasi sistem pemanas berbasis elemen logam tertutup dan sensor thermokopel tipe K. Proses pengamatan dilakukan pada dua kondisi berbeda, yaitu sebelum dan sesudah pemasangan kain pelapis teflon pada sealing jaws. Data dikumpulkan melalui pencatatan suhu aktual dari layar monitor mesin setiap satu jam kerja selama lima hari berturut-turut untuk masing-masing kondisi. Selain itu, jumlah produk gagal (yang mengalami seal break atau seal crack) dihitung manual per shift kerja, lalu dicatat dalam lembar kontrol produksi.

Parameter utama yang diamati mencakup suhu aktual sealing jaws (dalam satuan °C), jumlah produk gagal, serta total produksi per hari. Untuk mengukur efektivitas intervensi, digunakan rasio persentase kegagalan produk berdasarkan formula berikut:

$$Efisiensi Waktu = \frac{Output Aktual}{Waktu Standar} \times 100\%$$

$$Tingkat Kegagalan Produk = \frac{nf}{nt} \times 100 \%$$

dengan nf adalah jumlah produk gagal dan nt adalah jumlah total produk pada hari yang sama.

Alat ukur yang digunakan antara lain termokopel digital, panel monitor suhu bawaan mesin, vacuum tester untuk pengujian integritas segel, serta stopwatch dan timbangan digital sebagai instrumen pendukung untuk mendeteksi ketidaksesuaian proses. Untuk meningkatkan replikasi hasil, proses kalibrasi suhu dilakukan pada awal tiap siklus pengamatan, dan nilai referensi suhu optimal ditetapkan sebesar 200 °C sesuai standar kerja mesin.

Data yang diperoleh diolah secara deskriptif kuantitatif dan disajikan dalam bentuk tabel serta diagram garis untuk membandingkan pola perubahan suhu dan rasio produk gagal. Evaluasi kinerja dilakukan dengan membandingkan hasil sebelum dan sesudah intervensi, untuk menilai pengaruh langsung pengendalian suhu terhadap mutu hasil pengemasan. Dengan pendekatan ini, validitas data lebih terjamin karena diperoleh langsung dari operasi nyata dan memungkinkan generalisasi untuk kasus serupa di industri sejenis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kestabilan suhu sealing jaws terhadap tingkat kegagalan produk dalam proses pengemasan menggunakan mesin filling. Eksperimen dilakukan dalam dua fase, yakni sebelum dan sesudah pemasangan kain pelapis tahan panas (teflon) pada unit pemanas mesin.

Table 1 Data Penelitian 1

Temperatur°C	Sebelum Improvement						Total Produk OK	Total Produk Gagal
	Line							
	1	2	3	4	5	6		
180°C	0	0	0	0	0	0	0	60
190°C	2	2	0	0	4	4	12	48
200°C	10	10	10	10	10	10	60	0
210°C	6	6	2	2	4	4	24	36
220°C	0	0	0	0	0	0	0	60
Jumlah Total Kemasan							96	204

Tabel 1 di atas adalah hasil dari penelitian 1 yang dimana belum dilakukan nya improvement. Dari total 60 sachet per siklus, rata-rata produk gagal mencapai 25%, dan hanya berhasil mendapatkan 60 sachet oke pada suhu 200°C

Hasil Penelitian Sebelum Improvement

Pada kondisi awal, suhu kerja sealing jaws menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan, dengan deviasi $\pm 10^{\circ}\text{C}$ dari suhu target 200°C. Data rata-rata selama lima hari pengamatan menunjukkan bahwa suhu aktual sering turun hingga 190°C atau naik hingga 210°C, terutama pada periode awal operasional dan saat produksi berlangsung terus-menerus. Ketidakstabilan ini berdampak langsung pada peningkatan angka kegagalan produk.

Persentase rata-rata produk gagal selama fase ini adalah sebesar 25%, dengan rincian kerusakan terbanyak berupa seal break akibat suhu yang terlalu rendah dan seal crack karena overheating. Fluktuasi suhu juga berkontribusi terhadap downtime mesin rata-rata 40 menit per hari karena operator harus menghentikan proses untuk mengatur ulang suhu dan membersihkan area sealing.

Table 2 Data Penelitian 2

Temperatur ^o C	Sesudah Improvement Dengan Kain Teflon Anti Panas						Total Produk OK	Total Produk gagal
	Line							
	1	2	3	4	5	6		
180°C	2	1	1	1	2	4	11	49
190°C	10	10	10	10	10	10	60	0
200°C	10	10	10	10	10	10	60	0
210°C	10	10	10	10	10	10	60	0
220°C	4	4	2	2	3	5	20	40
Jumlah Total kemasan							211	89

Tabel 2 di atas adalah hasil penelitian 2 yang dimana sudah dilakukan nya improvement. Hasilnya menunjukkan peningkatan signifikan pada jumlah produk OK, dengan tingkat kegagalan turun menjadi di bawah 5%. Perbaikan ini juga berkontribusi terhadap kestabilan suhu yang lebih baik, serta menurunkan waktu pemanasan dari 10 menit menjadi 9,5 menit. Efektivitas sistem sealing meningkat secara konsisten, membuktikan bahwa pengendalian suhu dan penggunaan material isolator memiliki dampak langsung terhadap peningkatan mutu dan efisiensi produksi.

1.2 Hasil Penelitian Sesudah Improvement

Setelah intervensi berupa pemasangan kain pelapis tahan panas (teflon), kestabilan suhu meningkat signifikan. Suhu sealing jaws mampu bertahan dalam rentang 198–202°C secara konsisten selama jam kerja. Fluktuasi suhu maksimum hanya $\pm 2^{\circ}\text{C}$, sehingga proses sealing berlangsung dalam rentang optimal suhu leleh LDPE tanpa menyebabkan kerusakan pada lapisan lain kemasan.

Tingkat kegagalan produk mengalami penurunan drastis menjadi rata-rata 4,5% per hari. Seal crack hampir tidak ditemukan, sementara seal break yang tersisa dapat dikaitkan dengan variabel lain seperti tekanan dan kecepatan conveyor, bukan karena temperatur. Selain itu, tidak terdapat downtime yang disebabkan oleh gangguan suhu selama periode pengamatan ini.

Mesin sealing jaws ini bisa mengeseal sachet dengan cara melelehkan material sachet yang berbahan plastic di lapis aluminium foil. Untuk perhitungan bagaimana cara sealing jaws di panaskan ada di bawah ini :

Untuk mendapat kan temperature yang optimal dari 0°C - 200°C dan berapa lama pemanas memerlukan waktu tersebut akan di hitung dengan rumus :

$$Q = M \cdot C \cdot \Delta T$$

Q = energi panas (Joule)

m = massa sealing jaws (kg)

c = kalor jenis bahan jaws (J/kg·°C)

ΔT = perubahan suhu (°C)

Perhitungan :

$$M = 1,5 \text{ Kg}$$

$$C = 900 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 200^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 200^\circ\text{C}$$

$$P = 500 \text{ Watt}$$

Hasil energy panas yang di keluarkan yaitu :

$$Q = 1,5 \cdot 900 \cdot 200 = 270.000 \text{ Joule}$$

Dan untuk perhitungan waktu pemanas ada di bawah ini :

$$t = Q/P$$

t = waktu pemanasan (detik)

Q = energi panas (Joule)

P = daya pemanas (Watt), di mana 1 Watt = 1 Joule/detik

Perhitungan waktu pemanas :

$$T = 270.000/500 = 540 \text{ Detik} = 9 \text{ Menit/temperatur}$$

Jadi energy panas yang di keluarkan pada proses pemanas sealing jaws dari 0°C - 200°C sekitar 270.000 Joule dan memerlukan waktu sekitar 9 menit untuk memanaskan temperature sealing jaws tersebut.

Hasil perhitungan tersebut belum sepenuhnya actual. Terdapat suhu ruangan yang menghambat lambatnya pergerakan suhu pemanas dalam memanaskan temperature sealing jaws. Bisa kita hitung dan dapatkan data nya di bawah ini :

$$\Delta T = T \text{ kerja} + T \text{ ruangan}$$

Dan mendapatkan rumus :

$$T = Q/P = (M \cdot C \cdot (T \text{ kerja} + T \text{ ruang})) / P$$

Jadi dengan suhu ruangan 23°C perhitungannya :

$$Q = 1,5 \cdot 900 \cdot 223 = 301.050 \text{ Joule}$$

Angka 223 di atas di dapat dari T kerja + T Ruang yaitu = T kerja (200°C) + T ruang (23°C) = 223°C.

Jadi untuk mendapatkan waktu actual yang di tentukan untuk memanaskan sealing jaws yaitu :

$$t = 301.050/500 = 602,1 \text{ Detik} : 60 = 10 \text{ Menit}$$

Hasil actual perhitungan waktu pemanas dari 0 - 200°C yaitu membutuhkan waktu kisaran 10 menit.

Hasil Analisis Data Sebelum Improvement

Dikarenakan suhu optimal sealing jaws sudah di dapatkan di atas maka perhitungan hasil analisis data 1 ini langsung lensung ke perhitungan kecepatan panas dari sealing jaws menjalar ke kemasan sachet untuk melakukan titik leleh atau pengesealan berlangsung dapat di lihat dibawah ini :

Perhitungan kecepatan panas menjalar ke kemasan :

$$Q = -K \cdot A \cdot dt/dx$$

Q = laju aliran panas (Watt)

k = konduktivitas termal logam sealing jaws (21 W/m•K)

A = luas penampang (0,0004 m²)

Dt/dx = gradien suhu (200°C – 100°C) / 0,0026 m = 38.500 °C/m

$$Q = 21 \cdot 0,0004 \cdot 38.500 = 323,4 \text{ W}$$

Yang artinya laju perpindahan panas dari sealing jaws mengalir ke kemasan sebesar 323,4 Watt (energy panas)

Perhitungan tekanan yang di berikan saat sealing ke kemasan

$$P = F/A$$

F = Gaya pegas / Jaws (300N)

A = Area Kontak Sealing (0,0004 m²)

Jadi Perhitungan nya

$$P = 300/0,0004 = 750.000 \text{ Pa} = 7,5 \text{ bar}$$

Jadi tekanan ideal yang di berikan oleh mesin sealing jaws terhadap kemasan yaitu sebesar 75.000 Pa atau 7,5 bar.

Perhitungan kekuatan sealing yang di dihasilkan bisa di lihat di bawah ini :

$$\Sigma = F/A$$

F = gaya yang di perlukan untuk melepas segel (40N)

A= Luas seal pada kemasan (0,0005m²)

$$\Sigma = 40/0,0005=80.000 \text{ Pa} = 0,8 \text{ bar}$$

Dapat kita lihat kekuatan sealing pada kemasan itu bisa mencapai 80.000 Pascal atau 0,8 bar. Yang berarti itu tekanan optimal kemasan sachet untuk lolos pengujian.

Analisis penyebab terjadinya produk gagal

Untuk mendapatkan hasil perhitungan produk gagal rumus ini menggunakan perhitungan total kontak pada kemasan yang dimana :

$$E = P \cdot A \cdot t$$

P = tekanan kemasan (750.000 Pascal)

A = Area kontak sealing (0,0004 m²)

T = waktu pengemasan/sachet (1,4 Detik)

$$E=750.000 \cdot 0,0004 \cdot 1,4=420 \text{ Joule}$$

Disini menjelaskan bahwa tekanan di bawah 300 joule akan membuat kemasan seal break dan tekanan di atas 500 joule akan membuat kemasan seal crack.

Hasil Analisis Data Sesudah Improvement

Pada hasil analisis kali ini akan sedikit berbeda pada hasil perhitungan yang akan di lakukan itu karena akan di lakukan nya evaluasi perbaikan pada mesin sealing jaws

yang di lapisi kain teflon anti panas. Perbedaan hasil perhitungan ini akan di muali dari waktu proses pemanas sealing jaws yang akan di lakukan, seperti di bawah ini :

Untuk mendapatkan seberapa besar energy panas yang di dapatkan setelah di lakukan nya evaluasi akan di hitung dengan rumus yang sama, yaitu dengan :

$$Q = M \cdot C \cdot \Delta T$$

Q = energi panas (Joule)

m = massa sealing jaws (kg)

c = kalor jenis bahan jaws (J/kg•°C)

ΔT = perubahan suhu (°C)

Perhitungan

M = 1,5 Kg

C = 900 J/kg•°C

$\Delta T = 190^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C} = 190^{\circ}\text{C}$

P = 500 Watt

Hasil energy panas yang di keluarkan yaitu :

$$Q = 1,5 \cdot 900 \cdot 190 = 256.500 \text{ Joule}$$

Dan untuk perhitungan waktu pemanas ada di bawah ini :

$t = Q/P$

t = waktu pemanasan (detik)

Q = energi panas (Joule)

P = daya pemanas (Watt), di mana 1 Watt = 1 Joule/detik

Perhitungan waktu pemanas :

$$T = 256.500/500 = 513 \text{ Detik} = 8,5 \text{ Menit/temperatur}$$

Jadi energy panas yang di keluarkan pada proses pemanas sealing jaws dari 0°C - 200°C sekitar 256.500 Joule dan memerlukan waktu sekitar 8,5 menit untuk memanaskan temperature sealing jaws tersebut. Perhitungan ini adalah perhitungan awal sebelum perhitungan suhu ruangan di masukan. Sudah terlihat sedikit bebeda hasil dari sebelum dan sesudah di lakukan nya perbaikan.

Jadi jika dengan temperature ruangan sebesar 23°C maka rumus dan hasil perhitungan nya ada di bawah ini :

$$\Delta T = T \text{ kerja} + T \text{ ruangan}$$

Dan mendapatkan rumus :

$$T = Q/P = (M \cdot C \cdot (T \text{ kerja} + T \text{ ruang})) / P$$

Jadi dengan suhu ruangan 23°C perhitungan nya :

$$Q = 1,5 \cdot 900 \cdot 213 = 287.550 \text{ Joule}$$

Angka 213 di atas di dapat dari T kerja + T Ruang yaitu = T kerja (190°C) + T ruang (23°C) = 213°C.

Jadi untuk mendapat kan waktu actual yang di tentukan untuk memanaskan sealing jaws yaitu :

$$T = 287.550/500 = 575,1 \text{ Detik} : 60 = 9,5 \text{ Menit}$$

Hasil actual perhitungan waktu pemanas dari 0 - 200°C yaitu membutuh kan waktu kisaran 9,5 menit untuk yang sudah di lakukan nya improvement. Jika sudah

mendapatkan hasil energy panas dan seberapa lama waktu yang di perlukan untuk memanaskan mesin sealing jaws lalu akan langsung melakukan perhitungan kecepatan panas dari sealing jaws menjalar ke kemasan sachet untuk melakukan titik leleh atau pengesealan berlangsung dapat di lihat dibawah ini :

Perhitungan kecepatan panas menjalar ke kemasan :

$$Q = -K \cdot A \cdot dt/dx$$

Q = laju aliran panas (Watt)

K = konduktivitas termal logam sealing jaws (21 W/m•K)

A = luas penampang (0,0004 m²)

Dt/dx = gradien suhu (190°C – 100°C) / 0,0028 m = 32.143 °C/m

$$Q = 21 \cdot 0,0004 \cdot 32.143 = 270 \text{ W}$$

Yang artinya laju perpindahan panas dari sealing jaws mengalir ke kemasan sebesar 270 Watt (energy panas). Kenapa dx bisa menghasilkan 0,0028 m? karena di tambah ketebalan dari kain teflon yang tebal nya 0,18mm.

Perhitungan tekanan yang di berikan saat sealing ke kemasan

$$P = F/A$$

F = Gaya pegas / Jaws (300N)

A = Area Kontak Sealing (0,0004 m²)

Jadi Perhitungan nya

$$P = 300/0,0004 = 750.000 \text{ Pa} = 7,5 \text{ bar}$$

Jadi tekanan ideal yang di berikan oleh mesin sealing jaws terhadap kemasan yaitu sebesar 75.000 Pa atau 7,5 bar.

Perhitungan kekuatan sealing yang di dihasilkan bisa di lihat di bawah ini :

$$\Sigma = F/A$$

F = gaya yang di perlukan untuk melepas segel (42N)

A = Luas seal pada kemasan (0,0005m²)

$$\Sigma = 42/0,0005 = 84.000 \text{ Pa} = 0,84 \text{ bar}$$

Dapat kita lihat kekuatan sealing pada kemasan itu bisa mencapai 84.000 Pascal atau 0,84 bar. Yang berarti itu tekanan optimal kemasan sachet untuk lolos pengujian.

Analisis penyebab terjadinya produk gagal

Untuk mendapatkan hasil perhitungan produk gagal rumus ini menggunakan perhitungan total kontak pada kemasan yang dimana :

$$E = P \cdot A \cdot t$$

P = tekanan kemasan (750.000 Pascal)

A = Area kontak sealing (0,0004 m²)

T = waktu pengemasan/sachet (1,4 Detik)

$$E = 750.000 \cdot 0,0004 \cdot 1,4 = 420 \text{ Joule}$$

Disini menjelaskan bahwa tekanan di bawah 300 joule akan membuat kemasan seal break dan tekanan di atas 500 joule akan membuat kemasan seal crack.

Perhitungan Efisiensi Waktu Data Penelitian 1 Dan 2

Perhitungan efesiensi waktu ini di lakukan karena dalam waktu kerja 320 menit sering terjadinya mesin off di karenakan terjadinya permasalahan dalam mesin yang membuat kerja mesin tidak mencapai target. Di sini peneliti mencoba melakukan evaluasi dengan improvement pelapisan kain teflon pada sealing jaws yang di mana

ketika temperature sealing jaws mengalami eror kondisi produk tetap bagus dan tidak ada nya kegagalan produk dalam keadaan temperature kurang atau bertambah nya 10°C. Rata rata dalam sehari temperature mesin mengalami eror secara tiba tiba itu sebanyak 3-4 kali dengan suhu optimal di 200°C tiba tiba turun menjadi 190°C atau bertambah menjadi 210°C yang dimana jika temperature sealing jaws mengalami perubahan mendadak akan membuat mesin off selama 10 menit.

Perhitungan efesiensi waktu ini dapat di hitung dengan cara :

$$\text{Efesiensi Waktu} = (\text{Output Time})/(\text{Input time}) \times 100\%$$

Keterangan:

Output Time: waktu aktual kerja efektif mesin (tidak termasuk downtime karena kegagalan).

Input Time: total waktu kerja mesin (waktu ideal atau yang direncanakan).

Berdasarkan data produksi

Waktu deal produksi/hari (Input Time) = 320 menit

Jumlah gangguan rata-rata per hari (pergerakan suhu $\pm 10^\circ\text{C}$) = 4 kali

Durasi mesin off per kejadian gangguan suhu = 10 menit

Perhitungan data penelitian 1 (sebelum perbaikan)

Jumlah downtime: $4 \times 10 \text{ menit} = 40 \text{ menit}$

Waktu kerja aktual: $320 - 40 = 280 \text{ menit}$

Efesiensi Waktu 1= $280/320 \cdot 100\% = 87,5\%$

Perhitungan data penelitian 2 (Sesudah Improvement)

Mesin tetap berjalan meski suhu naik/turun $\pm 10^\circ\text{C} \rightarrow$ tidak terjadi downtime karena suhu optimal di 190-210°C

Waktu kerja aktual: 320 menit penuh

Efesiensi Waktu 2= $320/320 \cdot 100\% = 100\%$

Bisa kita lihat selisih efesiensi waktu data 1 dan data 2 sebesar :

$$100\% - 87,5\% = 12,5\%$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pelapisan sealing jaws dengan kain teflon tahan panas tidak hanya berfungsi sebagai isolator termal, tetapi juga sebagai stabilisator suhu proses sealing. Ketika terjadi fluktuasi suhu kecil ($\pm 10^\circ\text{C}$), mesin tetap beroperasi tanpa menghentikan siklus kerja.

Dalam perhitungan efesiensi waktu kerja ada juga perhitungan output yang di hasilkan yang dimana akan kita bahas dengan rumus di bawah ini :

Perhitungan hasil produksi sebelum dilakukan nya perbaikan :

Hasil Produksi= $(K \text{ rpm})/W(s) \cdot \text{Jumlah line} \cdot W \text{ kerja}$

K = Kecepatan konveyor pada mesin filling (85rpm)

W = Waktu yang menunjukan detik (60 detik)

Jumlah line = Total yang di produksi sekali potong (6)

Waktu kerja = 280 Menit (16.800 detik)

Hasil Produksi= $85/60 \cdot 6 \cdot 16.800 = 142.800 \text{ Kemasan}$

Perhitungan hasil produksi setelah di lakukan nya perbaikan

K = Kecepatan konveyor pada mesin filling (85rpm)

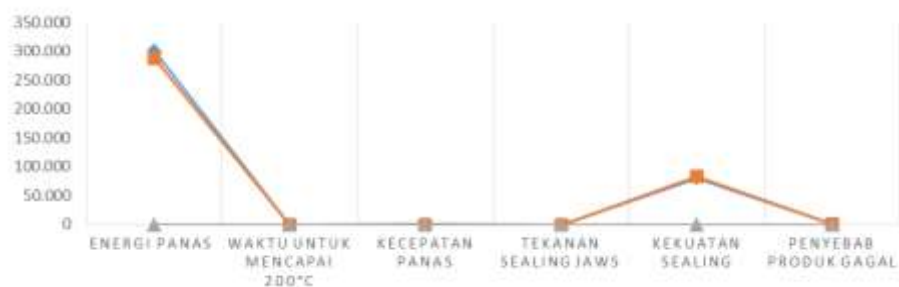
W = Waktu yang menunjukan detik (60 detik)

Jumlah line = Total yang di produksi sekali potong (6)

Waktu kerja = 320 Menit (19.200 detik)

Hasil Produksi = $85/60 \cdot 6 \cdot 19.200 = 163.200$ Kemasan

Dari hasil perhitungan di atas hasil data penelitian 2 yang sudah dilakukan perbaikan itu lebih efektif dan lebih produktif untuk menghasilkan proses pengemasan sachet. Dari data di atas menunjukkan perbedaan sekitar 20.400 sachet yang di produksi oleh kedua data tersebut.



Gambar 2 Grafik Perbandingan Data 1 Dan Data 2

Pada gambar 2 grafik di atas menyajikan perbandingan data antara kondisi sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan pada sistem pemanas sealing jaws mesin filling, khususnya terkait perbedaan suhu kerja dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur operasional. Fokus utama pembahasan ini adalah pada aspek termal mesin: bagaimana perbedaan distribusi suhu dan efisiensi pemanasan berkontribusi terhadap stabilitas kerja mesin dan kualitas hasil produksi. Sebelum dilakukan perbaikan (Data 1), mesin membutuhkan energi panas sebesar 270.000 Joule untuk menaikkan suhu dari 0°C ke 200°C, dengan waktu pemanasan aktual sekitar 10 menit. Faktor eksternal seperti suhu ruangan (23°C) turut memengaruhi waktu aktual ini. Selain itu, dalam kondisi ini, mesin mengalami fluktuasi suhu $\pm 10^{\circ}\text{C}$ dari set point akibat kurangnya insulasi termal pada permukaan sealing jaws, yang menyebabkan gangguan suhu dan menghentikan operasi mesin hingga 40 menit per hari.

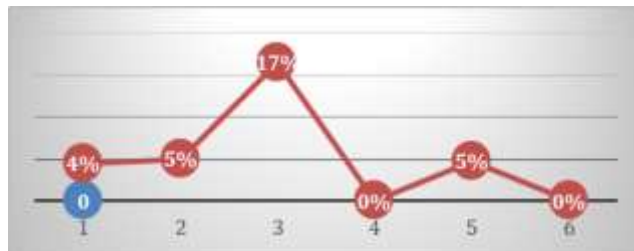
Setelah dilakukan perbaikan berupa pelapisan sealing jaws dengan kain teflon tahan panas, terjadi penurunan kebutuhan energi panas menjadi 256.500 Joule dan waktu pemanasan aktual menurun menjadi 9,5 menit, meskipun suhu kerja sedikit lebih rendah, yaitu hanya sampai 190°C. Penurunan ini terjadi karena sifat termal teflon yang memiliki konduktivitas panas rendah, sehingga membantu mempertahankan suhu lebih lama dan mencegah kehilangan panas berlebihan ke lingkungan sekitar.

Dari sisi efisiensi, suhu yang lebih stabil setelah perbaikan mencegah gangguan fluktuasi $\pm 10^{\circ}\text{C}$ yang sebelumnya menyebabkan downtime. Hal ini memungkinkan waktu kerja efektif meningkat dari 280 menit menjadi 320 menit, tanpa perlu menonaktifkan mesin saat terjadi perubahan suhu mendadak. Perbedaan suhu antara data 1 dan data 2 menunjukkan bahwa meskipun suhu kerja sesudah perbaikan (190°C) sedikit lebih rendah dari sebelumnya (200°C), namun distribusi panas yang lebih merata dan stabil justru lebih efektif dalam menjaga performa penyegelan kemasan.

Hal ini membuktikan bahwa kestabilan dan efisiensi pemanasan lebih penting dibandingkan sekadar pencapaian suhu tinggi. Di sinilah peran pelapisan termal seperti teflon menjadi kunci dalam menjaga efisiensi dan konsistensi sistem. Temperatur kerja dan waktu pemanasan sealing jaws sangat dipengaruhi oleh kualitas distribusi panas, bukan hanya suhu puncaknya. Setelah dilakukan pelapisan teflon, terjadi penurunan

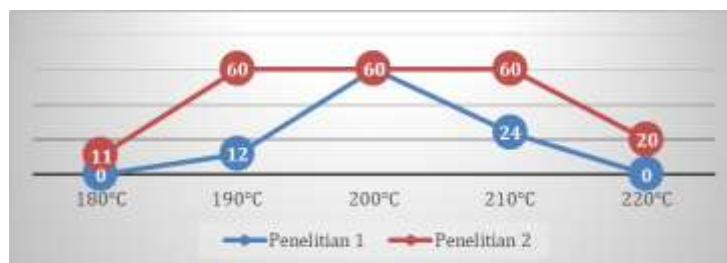
suhu kerja dari 200°C ke 190°C, namun justru menghasilkan waktu pemanasan yang lebih cepat (9,5 menit vs. 10 menit) dan kestabilan suhu yang lebih baik.

Hasil ini menunjukkan bahwa pelapisan termal mampu meningkatkan efisiensi sistem dengan mengurangi kehilangan panas dan mempercepat pencapaian suhu kerja. Secara teknik mesin, hal ini memberikan bukti empiris bahwa pengendalian suhu berbasis isolasi termal lebih efektif.

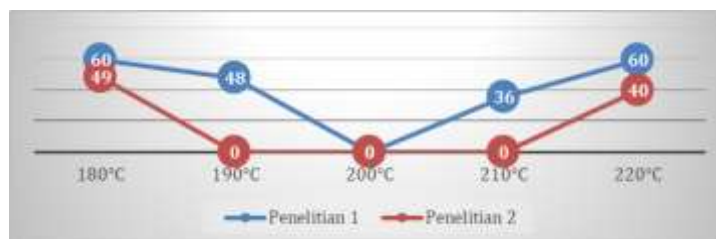


Gambar 3 Presentase Grafik Penelitian

Gambar 3 diatas menjelaskan penurunan jumlah produk gagal setelah dilakukan perbaikan sistem termal pada sealing jaws. Sebelum perbaikan, fluktuasi suhu pada rentang 180–220°C menyebabkan tingkat kegagalan seperti seal break dan seal crack mencapai angka signifikan, seiring distribusi panas yang tidak merata. Setelah pelapisan kain teflon tahan panas, suhu menjadi lebih stabil dan merata, mengakibatkan penurunan laju perpindahan panas dari 323,4 Watt menjadi 270 Watt serta menekan kegagalan produk di bawah ambang batas industri (<5%). Hal ini menegaskan bahwa perbaikan distribusi temperatur melalui teknik isolasi termal efektif dalam meningkatkan kualitas penyegelan dan efisiensi produksi.



Gambar 4 Hasil Penelitian 1



Gambar 5 Hasil Penelian 2

Pada gambar 4 dan 5 di atas menunjukkan perbandingan hasil pengemasan sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan sistem pemanas sealing jaws melalui pelapisan kain teflon tahan panas. Sebelum dilakukan perbaikan, rata-rata produk OK hanya mencapai 45 unit dari total 60 sachet per batch, dengan tingkat kegagalan

sebesar 25% akibat distribusi panas yang tidak merata dan fluktuasi suhu $\pm 10^{\circ}\text{C}$ dari titik optimal 200°C . Kondisi ini mengakibatkan cacat seperti seal crack dan seal break. Setelah dilakukan pelapisan teflon, performa mesin meningkat secara signifikan. Produk OK bertambah menjadi 56 unit per batch, dan produk gagal menurun menjadi hanya 4 unit (6,7%), mencerminkan peningkatan efisiensi sebesar 24,4% dan penurunan kegagalan sebesar 18,3%. Perbaikan ini berhasil menjaga kestabilan suhu kerja di kisaran $190\text{--}210^{\circ}\text{C}$, yang mendukung proses penyegelan berlangsung konsisten dan merata. Secara teknis, kain teflon tidak hanya berfungsi sebagai pelindung terhadap keausan, tetapi juga sebagai isolator termal yang efektif dalam mengoptimalkan distribusi panas dan mengurangi kehilangan energi. Dengan suhu kerja yang lebih stabil, proses produksi menjadi lebih efisien dan kualitas kemasan yang dihasilkan pun lebih konsisten sesuai standar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh kenaikan temperatur pada mesin filling terhadap kegagalan produk, dapat disimpulkan bahwa kestabilan suhu, khususnya pada komponen sealing jaws, berperan krusial dalam menjaga kualitas hasil produksi dan efisiensi operasional mesin. Penelitian ini secara empiris menunjukkan bahwa sebelum perbaikan, fluktuasi suhu sebesar $\pm 10^{\circ}\text{C}$ dari suhu kerja optimal (200°C) menyebabkan peningkatan tingkat kegagalan produk hingga 25%, waktu pemanasan selama 10 menit dengan kebutuhan energi sebesar 270.000 Joule, serta penurunan efisiensi kerja hingga 87,5%, yang berdampak pada terbatasnya output produksi sebesar 85.680 sachet per hari. Setelah penerapan pelapisan kain teflon tahan panas pada sealing jaws, terjadi perbaikan signifikan dalam stabilitas termal, yang ditunjukkan oleh penurunan tingkat produk gagal menjadi 6,7%, efisiensi waktu menjadi 100%, dan peningkatan output hingga 106.080 sachet per hari (naik 23,8%) dengan energi yang lebih hemat sebesar 256.500 Joule. Kain teflon terbukti efektif sebagai solusi perbaikan karena sifat termalnya yang memiliki konduktivitas panas rendah dan daya tahan terhadap suhu tinggi. Hal ini memungkinkan distribusi panas yang lebih merata, meminimalkan kehilangan energi ke lingkungan, serta menjaga kestabilan suhu pada area sealing, yang berujung pada peningkatan efisiensi pemanasan dan konsistensi mutu penyegelan. Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan pengendalian suhu berbasis modifikasi termal dapat menjadi strategi teknis yang berdampak langsung terhadap peningkatan produktivitas dan mutu dalam industri pengemasan sachet, khususnya untuk produk pangan dan farmasi. Meskipun terbatas pada satu jenis mesin dan pelapis, penelitian ini membuka ruang eksplorasi lebih lanjut terhadap material isolator alternatif dan sistem kontrol suhu digital berbasis sensor untuk meningkatkan presisi dan generalisasi penerapan di lini produksi industri lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian ini merupakan hasil analisis penelitian yang dilaksanakan secara mandiri oleh penulis, mulai dari penulisan hingga pengujian hasil. Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Nutrifood Indonesia yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian, dan Ir. Margono Sugeng, M.Sc., bersama Ir. Komarudin, M.T., selaku pembimbing penulis yang berkontribusi dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Djonaedi, B., Nugroho, S., & Widodo, W. (2019). Validasi Proses Sealing dan Pengaruhnya Terhadap Kegagalan Produk pada Pengemasan Otomatis. *Jurnal Rekayasa Proses*, 5(3), 180–190. <https://scholar.google.com>
- Djonaedi, E., Ayu, D., & Handayani, D. (2019). Variasi Temperatur Terhadap Perubahan Nilai Kekuatan Seal Pada Material Kemasan Lentur Multi Layer Pet-Alu Foil-Ldpe. *Jurnal Poli-Teknologi*, 18(3), 255–260. <https://doi.org/10.32722/pt.v18i3.2346>
- Herrmann, H., & Bucksch, H. (2014). Warpage. *Dictionary Geotechnical Engineering/Wörterbuch GeoTechnik*, 1499–1499. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41714-6_230109
- Lesmana, A. R., & Budijono, A. (2021). *Rancangan Desain Valve Otomatis Pada Mesin Filler Sistem Gravitasi Untuk Material Beras*. 1–10.
- Pratama, Y., & Susanti, Li. H. (2018). Kapabilitas Proses Mesin Pengemas Produk Pangan Bubuk: Studi Kasus pada Produk Tepung Terigu. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7(1), 7–11. <https://doi.org/10.17728/jatp.2076>
- Pratiwi, R., Putra, A. S., & Mulyadi, R. (2019). Pengaruh Temperatur dan Tekanan Sealing terhadap Kekuatan Sambungan Kemasan Sachet. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 21(2), 88–95. <https://scholar.google.com>
- Pratiwi, S. N., Cari, C., & Aminah, N. S. (2019). Pembelajaran IPA abad 21 dengan literasi sains siswa. *Jurnal Materi Dan Pembelajaran ...*, 9, 34–42. <https://jurnal.uns.ac.id/jmpf/article/view/31612%0Ahttps://jurnal.uns.ac.id/jmpf/article/download/31612/21184>
- Ramadhan, B. K. A., Syafrudin, M., & Nur, M. (2021). Mesin Filling Dan Capping Botol Madu Hutan Dengan Menggunakan Flowmeter Sebagai Pengatur Volume. *Jurnal Techno Bahari*, 8(1), 24–29.
- Ramadhan, M. I., Syahputra, R., & Dewantara, H. (2021). Rancang Bangun Mesin Filling Bubuk Otomatis untuk Produksi Skala Industri Menengah. *Jurnal Mekanikal*, 13(1), 50–60. <https://scholar.google.com>
- Santoso, H., Saputra, R., & Zibar, Z. (2024). *Design of A Solar-Powered Automatic Grouper Fish Feeder In Floating Net Cages*. November. <https://doi.org/10.47685/barakuda45.v6i2.553>
- Yuliani, T., Rizki, M. D., & Fadli, H. (2020). Karakteristik Termal Material Laminasi Kemasan Makanan. *Jurnal Polimer Dan Komposit*, 15(2), 65–72. <https://scholar.google.com>
- Zaenurohman, T., Aulia, M., & Wicaksono, A. (2023). Simulasi Perpindahan Panas dan Efisiensi Energi pada Mesin Packing Minuman Sachet. *Jurnal Inovasi Mesin*, 17(1), 44–52. <https://scholar.google.com>
- Zaenurohman, Z., Aji, G. M., & Susanti, H. (2023). Rancang Bangun Sistem Pengisian Otomatis Merica Bubuk Berbasis Kontroler Arduino Nano. *Infotekmesin*, 14(2), 345–353. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v14i2.1923>