

ANALISIS LAJU ALIRAN PANAS PADA PROSES *THERMOFORMING* BLISTER PACKING MESIN PAM-PAC BP-102 DENGAN 2 DESAIN

Alan Nuari

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta
Email: nuaryalan45@gmail.com

Abstrak--*Thermoforming* adalah usaha membentuk plastik lembaran atau plastik film (plastik lembaran tipis biasanya ketebalannya kurang dari 0.25 mm) menjadi bermacam bentuk baru plastik sesuai dengan desain yang kita inginkan dengan bantuan panas, tekanan dan cetakan (*molding*). Dalam penelitian ini, dilakukan penelitian terhadap transfer panas pada sistem pendinginan untuk mendinginkan produk, dimana sistem pendingin terbuat dari bahan Aluminium murni yang memiliki nilai konduktifitas thermal sebesar 237 W/m.K diameter dalam tabung 180 mm untuk desain lama dan diameter dalam untuk desain baru sebesar 220 mm. Energi panas tersebut adalah hasil dari energi panas yang dibawa oleh material plastik PVDC sebesar 57,385 Watt. Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai energi yang mampu ditrasfer desain lama sebesar 49.526 Watt sedangkan pada desain baru mampu mentrasfer energi panas sebesar 82.345 Watt. Dengan data perhitungan tersebut terlihat jelas untuk desain lama tidak mampu mentrasfer energi sebesar yang dibawa oleh material sehingga semakin lama permukaan *Forming Unit* akan semakin panas, Sedangkan hasil perhitungan desain baru sistem mampu mentrasferkan energi panas sebesar energi yang dibawa oleh plastik, hal ini bertujuan untuk selalu menjaga permukaan cetakan berada di temperatur yang sudah ditentukan.

Kata kunci: laju aliran panas, *thermoforming*, mesin Pampac BP 102, desain.

1. PENDAHULUAN

Plastik sebagai bahan yang sangat mudah didapat, praktis, ringan dan tentu saja *modern*. Untuk bisa membuat sebuah produk plastik yang sesuai dengan apa yang kita kehendaki tentunya dibutuhkan teknologi yang memadai yaitu penggunaan metode *thermoforming* untuk membentuk cetakan tempat produk. Proses *Thermoforming* mencakup tiga tahap yaitu: memanaskan, menghisap (*vacuum*) untuk menjadikan bentuk sesuai dengan cetakan, mendinginkan plastik setelah dicetak. Bagian terpenting adalah pendinginan karena berpengaruh terhadap kualitas cetakan. Dengan sirkulasi pendinginan yang baik maka akan diperoleh hasil cetakan yang sempurna (Chenetel, 2000; Wang & Young, 2005).

Selama ini terdapat banyak kasus kegagalan kinerja pada komponen mesin yaitu didalam proses pendinginan pada tempat cetakan plastik khususnya pada mesin *blistering* Pampac. Saat mesin bekerja, temperatur *Forming Unit* naik tidak bisa terjaga pada temperatur 15°C syarat maksimal suhu pendinginan yang di anjurkan. Hal ini berakibat pada bentuk plastik yang dicetak akan menjadi lengket pada permukaan cetakan sehingga akan mengakibatkan kerusakan pada bentuk hasil plastik. Pratomo, F. P. (2016) mengatakan dalam kejuaraan Pekan Olahraga Provinsi (PORPROV) yang dilaksanakan di Banyuwangi pada 30 Mei 2015 Proses *vacuum thermoforming* tentunya tidak semudah angan-angan, proses ini meskipun sederhana tetap akan terjadi cacat produk kalau tanpa mengetahui jenis plastik, material *mold* yang cocok, temperatur yang tepat dan hal-hal lain yang berkaitan. Untuk

itulah perlunya penelitian ini disusun. Sehingga dengan ini, ke depan, proses pembuatan atau pencetakan plastik dengan berbagai variasi baik jenis plastik, ketebalannya, warnanya dan lain-lain dapat dilakukan lebih *efektif* dan *efisien*. Maka dari masalah tersebut dilakukan riset dan pengolahan data untuk memodifikasi komponen dari mesin tersebut, supaya mesin bisa beroperasi dengan lancar. Modifikasi yang dilakukan dituntut supaya sistem bisa mentrasfer panas sebesar panas yang dibawa oleh bahan baku plastik.

Melihat permasalahan yang muncul pada mesin, Sehingga menyebabkan bahan baku menempel pada permukaan cetakan, serta pembentukan *pocket* terbentuk secara tidak sempurna. maka dari latar belakang tersebut dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Tidak sempurna desain pendinginan komponen dari mesin, sehingga mengakibatkan proses perpindahan panas sistem pendingin tidak maksimal.
2. Dibutuhkan metode untuk menghitung dan menentukan besar laju perpindahan panas pada mesin Pampac BP102 yang tepat.

Adapun maksud dan tujuan dari penyusunan penelitian ini adalah:

1. Menentukan Energi panas yang dilepas plastic pada Cooling unit.
2. Menentukan nilai total laju perpindahan panas komponen *Forming Unit* mesin Pampac pada kedua desain.
3. Menentukan Nilai panas yang diserap oleh air pendingin pada mesin pampac BP102.

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. Hanya membahas laju aliran panas pada mesin Pampac BP 102.
2. Bentuk dan material cetakan sudah ditentukan sesuai standar mesin.

Ruang lingkup pada penelitian ini meliputi:

1. Menghitung nilai total laju perpindahan panas komponen *Forming Unit* mesin Pampac pada kedua desain.
2. Menganalisa Kegagalan proses pendinginan pada Thermoforming

2. TINJAUAN PUSTAKA

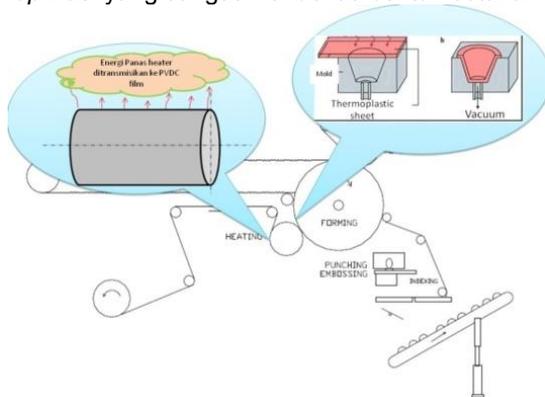
2.1 Proses Pembentukan Plastik

Metode pemrosesan plastik dapat dilakukan dengan cara *ekstrusi*, *injection molding*, *casting*, *thermoforming*, *blow molding* dan lain sebagainya. *Plastik Molding* merupakan metode proses produksi massal yang cenderung menjadi pilihan untuk digunakan dalam menghasilkan atau memproses komponen-komponen yang kecil dan berbentuk rumit. Ada dua proses pencetakan dasar, yaitu cetak injeksi dan cetak kompresi.

Polimer merupakan molekul besar yang terbentuk dari unit – unit berulang sederhana. Nama ini diturunkan dari bahasa Yunani *Poly*, yang berarti banyak, dan *mer*, yang berarti bagian. *Makromolekul* merupakan istilah yang sinonim dengan *polimer* (Stevens, 2001, hal 3). Pada dasarnya polimer secara umum digolongkan ke dalam 3 (tiga) macam, yakni: Bahan *Thermoplastik* (*Thermoplastik*), Bahan *Thermosetting* (*Thermosetting*), dan Karet (*Elastomer*)

2.2 Thermoforming

Proses *Thermoforming* menawarkan keunggulan untuk memproduksi *custom part* plastik sebab biaya *relative* lebih murah, dapat menghasilkan *replikasi* yang sangat mendekati bentuk cetakan.



Gambar 2.1 Proses Pembentukan *Thermoforming*

(Sumbe: Encyclopædia Britannica, 2015)

Prinsip dasar dari proses *Thermoforming* adalah: tahap persiapan, memasukkan lembar plastik ke dalam proses pemanasan sampai mencapai suhu pembentukan dan peregangan

lembaran mengikuti bentuk molding yang sudah disiapkan dengan bantuan vakum, pendinginan sampai bentuk desain baru

2.3 Cooling Foorming

Di dalam pendinginan produk digambarkan, bahwa ada lembaran plastik bersuhu tinggi dimasukkan kedalam cetakan, kemudian material tersebut dikeluarkan dari dalam cetakan dengan bentuk produk yang sudah berbentuk sesuai dengan bentuk cetakan tersebut dengan temperatur rendah. Setiap kenaikan suhu pada *forming unit* akan menghambat terjadinya pemindahan panas, dan apabila kenaikan suhunya mencapai suhu dari material yang dimasukkan, maka proses pemindahan panas tidak dapat berlangsung, dan material plastik tetap dalam keadaan seperti semula. Untuk itu harus terjadi pembuangan panas dari *forming unit*.

Pembuangan panas dari *forming unit* dapat dilakukan dengan membuat satu buah atau lebih saluran didekat *forming unit*, dimana kedalam aliran tersebut dialirkan zat yang bersifat dapat mengalir, yang dalam banyak hal dipilih air. Panas yang diterima *forming unit* akan merambat kedinding saluran, kemudian dari dinding saluran ini panas akan dihanyutkan oleh aliran air.

2.4 Material Plastik

Dalam proses pengerjaan *Thermoforming* bahan baku yang digunakan adalah lembaran-lembaran plastik yang nantinya dipanaskan dan dicetak di dalam cetakan *molding* dengan cara di tiup atau dengan cara di *vacuum*. Adapun bahan bahan plastik yang sering digunakan dalam proses ini adalah sebagai berikut: PET, PP, PVC, dan PVDC.

2.5 Kegagalan pada Proses Thermoforming

Pada Proses *Thermoforming* Memiliki Berbagai macam potensi Kegagalan, Berikut beberapa contoh kegagalan pada proses *thermoforming*:

a) Poket Terbentuk Tidak Sempurna

Kegagalan ini dapat terjadi pada poket yang disebabkan oleh tersumbatnya saluran *vacuum unit* karena adanya kondensasi dari air *chiller*, kondensasi ini mengurangi daya hisap dari *vaccum* terdapat sumbatan air kondensasi pada saluran *vacuum* sehingga proses pembentukan poket tidak sempurna .

b) Poket gagal terbentuk/ plastik putus

Poket gagal terbentuk ini dikarenakan kegagalan dari *forming unit* menyerap energi yang dibawa oleh plastik yang sebelumnya di transfer panas oleh *heating roll*. Penyebab terjadi kegagalan pendinginan karena energi panas tidak mampu diserap secara sempurna oleh *forming unit*.

2.6 Analisis Laju Aliran Panas Thermoforming

Untuk mengetahui laju aliran panas pada proses *thermoforming*, maka analisis terhadap proses *thermoforming*. Ada banyak metode yang bisa dilakukan menganalisis proses thermoforming. Salah satunya dengan metode perpindahan panas. Pada kebanyakan proses, diperlukan pemasukan atau pengeluaran panas untuk mencapai dan mempertahankan keadaan yang dibutuhkan sewaktu proses berlangsung.

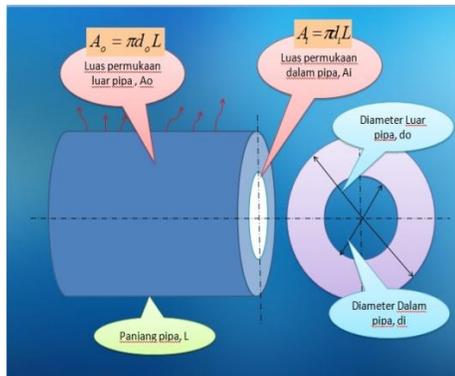
a) Perpindahan panas Konduksi

Maka perhitungan laju perpindahan panas tersebut dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_w = \frac{2 \pi k L}{\ln(r_o/r_i)} (T_{wo} - T_{wi}) \quad (2.1)$$

Dimana:

- Q_w = Laju perpindahan panas (W)
- T_{wi} = Temperatur di luar Silindris ($^{\circ}\text{C}$)
- T_{wo} = Temperatur di dalam silindris ($^{\circ}\text{C}$)
- r_o = jari-jari permukaan bagian dalam (m)
- r_i = jari-jari permukaan bagian Luar (m)
- L = panjang silindris (m)
- K = *Konduktifitas Thermal* Bahan (W/m $^{\circ}\text{C}$)



Gambar 2.2 Konsep perpindahan panas konduksi

(Sumber: Reynolds, Perkins & Harahap, 1983)

Untuk menghitung tahanan thermal menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R_w = \frac{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2 \pi k L} \quad (2.2)$$

Dimana:

- R_w = Tahanan thermal (Kelvin/ Watt)
- K = *Konduktifitas Thermal* Bahan (W/m $^{\circ}\text{C}$)
- r_o = jari-jari permukaan bagian dalam (m)
- r_i = jari-jari permukaan bagian Luar (m)
- L = panjang silindris (m)

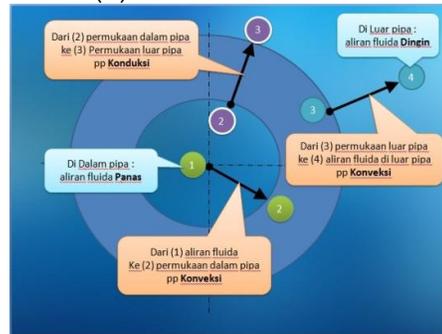
b) Perpindahan Panas Konveksi

Untuk menghitung besarnya laju perpindahan panas konveksi pada system ini maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = h_i \cdot A (T_{wo} - T_{wi}) \quad (2.3)$$

Dimana:

- Q = Laju perpindahan panas konveksi (W)
- h_i = Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m $^{\circ}\text{C}$)
- A_i = Luas permukaan silindris (m 2)
- T_{wo} = Temperatur aliran fluida saat keluar system (K)
- T_{wi} = Temperatur aliran fluida saat masuk dalam system (K)



Gambar 2.3 Konsep perpindahan panas konveksi

(Sumber: Reynolds, Perkins & Harahap, 1983)

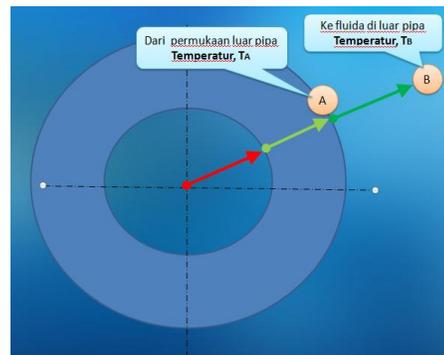
Untuk tahanan thermal konveksi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$R_w = \frac{\ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right)}{2 \pi k L} \quad (2.4)$$

Dimana:

- R_w = Tahanan Thermal system
- K = *Konduktifitas Thermal* Bahan (J/m.s $^{\circ}\text{C}$ atau W/m $^{\circ}\text{C}$)
- d_o = Diameter luar silindris (m)
- d_i = Diameter dalam silindris (m)
- L = Panjang silindris (m)

c) Perpindahan Panas Radiasi



Gambar 2.4 Konsep perpindahan panas Radiasi

(Sumber: Reynolds, Perkins & Harahap, 1983)

$$Q_{\text{radiasi}} = \sigma \cdot A \cdot T^4 \quad (2.5)$$

Dimana:

Q_{radiasi} = Laju Perpindahan Panas Radiasi [Watt]

σ = Konstanta [$5,669 \cdot 10^{-8}$ W/m²K⁴]

T = Temperatur absolute [°K]

A = Luas Permukaan [m²]

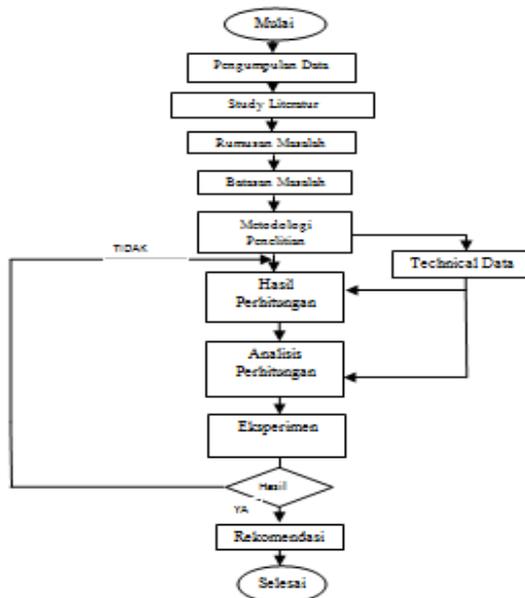
2.7 Mesin Pampac BP102

Adalah suatu mesin Pembungkus kemasan obat dengan vacuum drum yang membentuk cetakan dihubungkan dengan vacuum forming dan sealing yang menetapkan standar efisiensi, fleksibilitas pemakaian, dan teknologi dalam pengemasan tablet obat. Mesin ini mampu menghasilkan output produksi hingga kecepatan maksimal yaitu 300 (Pcs/menit).



Gambar 2.5 Unit Mesin Pampac BP 102 (IWKA Pampac BP102, 2005)

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3.9 Diagram alir penelitian

Data analisis meliputi data dimensional dari komponen yang akan digunakan dalam penelitian dan material lain yang terkait. Berikut data dari air

pendingin, material PVDC, Spesifikasi *forming unit* hingga parameter settingan mesin untuk menentukan besar energi pada mesin pampac.

a) Air Pendingin

- Debit Air pendingin (Q_h) : 0,00016 (m³/s)
- *Dynamic viscosity* (μ) : 0,00000152 (Kg /m.s)
- Media pendingin : Air
- *Density* (ρ) : 1000 (Kg/m³)
- Temperatur Air Chiller : 5 [°C] = 278 (°K)
- Panjang saluran pendinginan : 3 (m)
- Diameter saluran pendingin : 0,009 (m)
- T Air keluar cetakan: 12 [°C] = 285 (°K)

b) *Physical Property Material PVDC*

- Tebal bahan PVDC: 1,3 (mm)=0,0013 (m)
- *Density* (ρ): 1630 (kg/m³)
- *Thermal conductivity* (K): 0,13 (W/m°K)
- Panas Jenis (Cp): 1.259 (J/kg K)

c) *Spesifikasi Forming Unit*

- Bahan material : Aluminium
- *Thermal Conductivity* : 237 (W/m°K)
- Panjang Cetakan : 220 (mm) =0,22(m)
- Diameter luar cetakan (d_o) : 0,265(m)
- Diameter dalam cetakan (d_i)
 - Desain Lama : 0,18(m)
 - Desain Baru : 0,21(m)
- Jarak permukaan cetakan dengan saluran pendingin : 0,0325(m)
- Diameter saluran pendinginan : 0,01(m)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran Dimensi PVDC

Pengukuran ketebalan komponen yang bersangkutan dengan mesin sangat dibutuhkan untuk mendapatkan nilai actual dari komponen tersebut. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya kesalahan material yang digunakan, PVDC di ukur menggunakan *digital caliper* dengan acuan *name sheet*, di ukur pada 3 titik bersilang sepanjang 50cm. Didapat 1,3 mm sebagai tebal dari bahan yang akan digunakan untuk eksperimen.

4.2 Analisis Perpindahan Panas

Analisis dimulai dari menghitung volume plastik yang masuk dalam forming unit kemudian mencari besarnya energi panas menggunakan persamaan Konveksi dan Konduksi selanjutnya akan di dapat nilai dan melakukan eksperimen dari hasil perhitungan.

a) Volume Plastik masuk *Forming Unit*

Setelah diketahui besaran dari masing- masing dimensi forming unit dan spesifikasi dari plastik dapat dihitung besarnya volume plastik ketika masuk dalam forming unit dengan persamaan berikut:

$$V_{\text{plastik}} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot t \cdot \text{Tebal Plastik}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2,3,14 \times 0,1325\text{m} \times 0,22\text{m} \times 0,0013\text{m} \\
 &= 6,28 \cdot 0,029 \text{ m}^2 \cdot 0,0013\text{m} \\
 &= 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Jadi volume plastik yang masuk dalam forming unit sebesar $2,4 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

b) Massa Plastik (kg/s)

$$\begin{aligned}
 \dot{m}_{\text{plastik}} &= \frac{V_{\text{plastik}} \cdot \rho_{\text{plastik}}}{t} \\
 &= \frac{0,00024 [\text{m}^3] \times 1630 [\text{kg}/\text{m}^3]}{0,90 (\text{s})} \\
 &= 0,43 [\text{kg}/\text{s}]
 \end{aligned}$$

Didapat Massa plastik sebesar 0,43 kg/s.

c) Energi yang dilepas plastik oleh temperature cooling

Energi yang dilepaskan oleh temperatur pendinginan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 \dot{W} &= \dot{m}_{\text{plastik}} \cdot C_{p\text{plastik}} (T_{f1} - T_{wi}) \\
 &= 0,43 \text{ kg/s} \cdot 1.259 \text{ J/kg} \cdot \text{°K} \cdot (393 - 287 \text{ °K}) \\
 &= 57,385 \text{ J/s} \\
 &= 57,385 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Energi yang dilepas plastik dengan massa 0,43 kg/s adalah sebesar 57.385 watt. Sebagai cacat T_{f1} merupakan temperatur rata-rata.

d) Energi yang diterima oleh cetakan

Dalam mesin ini hanya terdapat 1 cetakan yang artinya nilai Q_{plastik} sama dengan nilai energi yang diterima oleh cetakan

$$\begin{aligned}
 \dot{W} &= \frac{\dot{W}_{\text{plastik}}}{\text{Jumlah cetakan}} \\
 &= \frac{57,385 [\text{Watt}]}{1} \\
 &= 57,385 [\text{Watt}]
 \end{aligned}$$

Jadi panas yang ditrasfer ke cetakan adalah sebesar 57,385 Watt.

e) Analisis total perpindahan panas desain lama (Q_{lm})

Perpindahan panas yang terjadi pada cetakan dari *forming unit* desain lama (Q_{lm}) secara Konduksi analisa total perpindahan panasnya sebagai berikut:

$$Q_{lm} = \frac{2 \pi k L}{\ln(r_o/r_i)} (T_{wo} - T_{wi})$$

Dimana:

$$T_{wo} = \text{Adalah tempertur rata-rata dari } \frac{T_{f1} + T_{p1}}{2}$$

Maka,

$$T_{r1} = \frac{120 + 25}{2}$$

$$T_{r1} = 72,5 \text{ °C} = 345,5 \text{ °K}$$

Maka total laju panas adalah

$$Q = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 237 \text{ W/m} \cdot \text{°K} \cdot 0,22 \text{ m}}{\ln(0,265/0,18)} (345,5 \text{ k} - 287 \text{ k})$$

$$= 49.526 \text{ Watt}$$

Hasil Tersebut memperlihatkan bahwa Nilai laju panas yang didapat sebesar 49.526 Watt nilai ini lebih kecil 7.859 watt dari nilai panas yang dibawa oleh plastik yaitu sebesar 57.385 watt. ini artinya desain lama tidak mampu menyerap semua energi panas yang dibawa oleh plastik sehingga terjadi kegagalan pendinginan.

f) Analisis total perpindahan panas yang di pindahkan pada desain baru (Q_{db})

Dari kegagalan pendinginan tersebut dibuatlah desain baru dengan memperbesar diameter dalam *forming unit* untuk mengurangi jarak pendinginan serta menambah volume air pendingin dengan plastik saat proses *thermoforming*.

Pada penggunaan desain baru ini material dan parameter setting disamakan dengan parameter setting dengan desain yang lama, hanya saja pada desain ini yang dirubah adalah jarak antara permukaan yang terkena panas dengan permukaan pendingin maka hasil analisa dari desain baru ini sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_{db} &= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 237 [\text{W}/\text{m} \cdot \text{°K}] \cdot 0,22 [\text{m}]}{\ln[0,265/0,21]} (345,5 [\text{k}] - 287 [\text{k}]) \\
 &= 82.345 [\text{Watt}]
 \end{aligned}$$

Nilai laju panas yang didapat sebesar 82.345 Watt.

g) Analisis perpindahan panas dengan mengukur temperatur air pendingin yang keluar dari cetakan molding (Konveksi)

$$Q_{\text{air pendingin}} = h_i \cdot A (T_{wo} - T_{wi})$$

$$\text{Nilai } h = \frac{k}{D} \cdot \text{Nu}$$

Nilai Nu di cari dari Reynolds Number

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot V_s \cdot L}{\mu}$$

Kecepatan aliran fluida air:

$$V_s = \frac{Q}{A}$$

dimana nilai dari A (Luas Permukaan) adalah

$$\begin{aligned}
 A &= 2 \cdot \pi \cdot r^2 \\
 &= 2 \cdot 3,14 \cdot 0,009\text{m} \\
 &= 0,05 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Maka nilai untuk V_s

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{0,00016 [\text{m}^3/\text{s}]}{0,05 [\text{m}^2]} \\
 &= 0,00032 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Maka nilai dari Reynolds Number adalah

$$\begin{aligned}
 \text{Re} &= \frac{1000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right] \cdot 0,00032 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3 [\text{m}]}{0,00152 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}\right]} \\
 &= 631,57
 \end{aligned}$$

Karena $Re < 2000$ maka efek dari kekerasan dan factor geseknya di abaikan. Untuk nilai dari bilangan Nusselt pada aliran Laminar temperatur dinding seragam adalah:
 $Nu = 3,66$

Jadi nilai Koefisien perpindahan panas Konveksi (h) dari aliran pendinginan tersebut adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai } h_{\text{air}} &= Nu \frac{k}{D} \\
 \text{Nilai } h_{\text{air}} &= 3,66 \cdot \frac{237 \text{ [W/m K]}}{0,01 \text{ [m]}} \\
 &= 86.742 \text{ [W/m}^2\text{K]}
 \end{aligned}$$

Nilai panas yang diserap oleh air pendingin

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Konveksi}} &= 86.742 \text{ [W/m}^2\text{K]} \cdot 0,05 \text{ [m}^2\text{]} \cdot (287 \text{ (k)} - 278 \text{ (k)}) \\
 &= 39.034 \text{ [Watt]}
 \end{aligned}$$

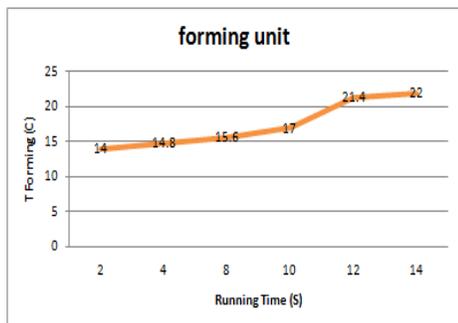
4.3 Analisis Hasil Eksperimen

Dari modifikasi tersebut dilakukan eksperimen terhadap kinerja mesin dengan cara, mengatur setting temperatur *Forming unit* dengan settingan *Cooling Forming 14 °C*.

a) Eksperimen desain lama cooling 14 °C, Forming 120 °C

Tabel 4.1 Hasil Eksperimen dengan setting Temperatur *Forming 14 °C*

Setting Temperatur heater [°C]	Setting Forming [°C]	Temperatur Aktual Pada Forming [°C]	Waktu Perubahan [menit]	Hasil Produk
120	14	14	2	Hasil bagus
		14,8	4	Hasil bagus
		15,6	8	Hasil bagus
		17	10	PVDC lengket
		21,4	12	Hasil lelek
		22	14	PVDC Putus



Gambar 4.1 Grafik Eksperimen dengan Setting Temperatur *Forming 14 °C*

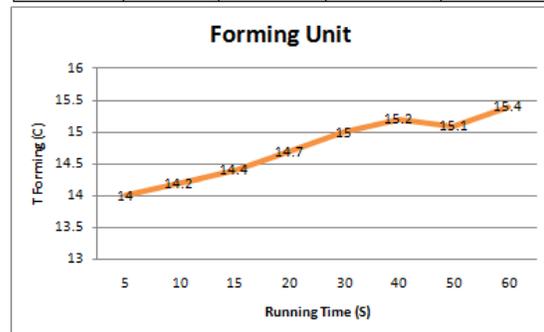
Dari hasil eksperimen diketahui suhu forming unit terus meningkat hingga suhu 22 °C, tidak bisa terjaga pada suhu 15 °C, hal ini mengakibatkan pembentukan poket tidak sempurna, kenaikan suhu ini karena panas dari plastik tidak mampu di

serap oleh pendinginan. Energi yang dibawa plastik sebesar 57,385 Watt sedangkan kemampuan yang mampu diserap *cooling unit* hanya sebesar 49.526 Watt. Pada suhu 17 °C sudah terlihat karena terakumulasi panas yang tidak mampu diserap, temperatur *Forming Unit* selalu naik ketika mesin beroperasi hingga pada suhu 22 °C PVDC putus mengakibatkan proses produksi terhenti dimenit 14 sedangkan mesin dituntut untuk beroperasi selama 60 menit di tiap cycle.

b) Eksperimen desain Baru cooling 14 °C, Forming 120 °C

Tabel 4.2 Hasil Eksperimen dengan setting Temperatur *Forming 14 °C*

Setting Temperatur heater [°C]	Setting T Forming [°C]	Temperatur Aktual Pada Forming [°C]	Waktu Perubahan [menit]	Hasil Produk
120	14	14	5	Hasil Bagus
		14,2	10	Hasil Bagus
		14,4	15	Hasil Bagus
		14,7	20	Hasil Bagus
		15	30	Hasil Bagus
		15,2	40	Hasil Bagus
		15,1	50	Hasil Bagus
		15,4	60	Hasil Bagus



Gambar 4.2 Grafik Eksperimen dengan Setting Temperatur *Forming 14 °C*

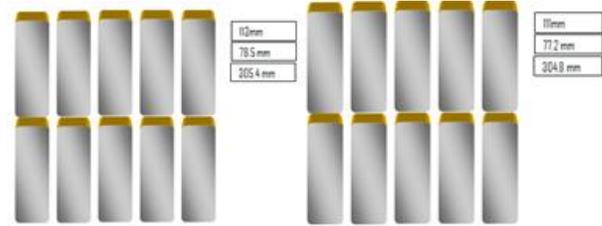
Hasil eksperimen desain baru menunjukkan ke stabilan suhu di angka 15 °C Modifikasi *Forming unit* dengan mengubah diameter dalam menunjukkan pengaruh yang signifikan artinya Pada desain baru total aliran panas yang bisa di alirkan desain tersebut adalah sebesar 82.345 [Watt]. Maka dari perhitungan tersebut, desain baru sudah mampu mengairkan panas yang dibawa oleh plastik ke aliran air pendingin dan mesin mampu berjalan selama 60 menit. Ini menunjukkan desain baru mampu menyerap panas yang dibawa oleh plastik.

Keterangan hasil Produk:

1. Hasil Bagus: Jika bentuk dari poket hasil *Thermoforming* tidak ada cacat bentuk.

2. Hasil Jelek: Jika plastik bahan baku lengket pada cetakan permukaan plat *Forming Unit* bentuk dari poket produk tidak sesuai dengan cetakan.
3. Plastik Putus: ketika plastik menempel pada *Forming Unit* ketika mekanisme berputar plastik putus.
4. *Forming* Kondensasi: Permukaan *Forming Unit* terjadi kondensasi sehingga air kondensasi nantinya akan merusak lapisan permukaan *Forming Unit*.

menggunakan kamera khusus untuk memastikan dimensi sesuai standar.



Gambar 4.6 Pengecekan dengan kamera khusus

Pada hasil pengecekan dengan bantuan kamera, tidak terdapat adanya penyimpangan yang besar maupun kondisi abnormal lainnya sehingga dapat dikatakan sudah memenuhi standar. Selanjutnya dilakukan pengecekan *vacuum pressure*.



Gambar 4.3 Poket Kondisi Baik

Kondisi baik ini telah melalui hasil uji kamera dari segi dimensi masuk dalam standar poket yang baik yaitu tinggi poket 112 mm, lebar 78 mm dan panjang 306 mm. kemudian dilakukan uji ketahanan poket dengan pengecekan *vacuum pressure*.



Gambar 4.7 Pengecekan *vacuum pressure*

Dari hasil pengecekan *vacuum pressure* tidak di temukan poket berubah bentuk ataupun terdapat kebocoran, maka desain baru ini dinyatakan berhasil dan sudah memenuhi standar yang ditentukan.



Gambar 4.4 Poket tidak sempurna

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti tentang “analisis dan perhitungan Laju Aliran Panas pada desain pendinginan cetakan mesin Pam-Pac BP-102 dengan menggunakan desain saluran baru dan desain lama.” melalui analisa dan pembahasan yang dilakukan pada bab-bab sebelumnya yang menunjukkan hasil akhir seperti pada Tabel 5.1



Gambar 4.5 Poket gagal terbentuk

Selanjutnya untuk mengetahui Poket sesuai dengan standar visual yaitu poket terbentuk sempurna, dimensi sesuai standar, maka dilakukan pengecekan visual berupa potensi ketidak sempurnaan poket dan dimensi berikutnya

Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Laju Aliran Panas Pada kedua Desain

No	<i>Forming unit</i>	Energi panas yang dibawa plastik [Watt]	Total laju aliran panas pada desain [Watt]
1	<u>Desain Lama</u>	57,385 [Watt]	49.526 [Watt]
2	<u>Desain Baru</u>	57,385 [Watt]	82.345 [Watt]

Berdasarkan hasil analisa perhitungan laju aliran panas pada kedua desain dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. dengan asumsi mekanik seperti yang telah dibahas dibab sebelumnya besarnya energi yang dilepas plastic dengan massa 0,43 kg/s adalah sebesar 57.385 watt.
2. Nilai laju panas yang didapat sebesar 82.345 Watt dengan material dan settingan parameter yang sama dan merubah diameter bagian dalam dari forming unit nilai ini lebih besar dari nilai panas yang dibawa oleh plastic yaitu 57.385 watt. Maka dari perhitungan tersebut, desain baru sudah mampu mengalirkan panas yang dibawa oleh plastik ke aliran air pendingin.
3. Nilai panas yang diserap oleh air pendingin adalah sebesar 39.034 [Watt] untuk nilai Koefisien perpindahan panas Konveksi sebesar 86.742 W/m²K.
4. Pada desain lama terjadi hambatan transfer panas sehingga total panas yang dibawa plastik tidak bisa semuanya ditransfer ke aliran air pendingin. Hal ini mengakibatkan temperatur *Forming Unit* selalu naik ketika mesin beroperasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anindita, Dipta. (2012). Packaging Development at Pharmaceutical Industries-Strip and Blister, <http://www.centro.web.id/2012/01/packaging-development-at-pharmaceutical.html> 6 may 2017 (19.30)
- [2]. Domonick V. Rosato., Donald V. Rosato., Marlene G. Rosato. 2000. Injection Molding Handbook : Kluwer Academic Publishers Group.
- [3]. Hudileksono (2015). Plastik Thermoforming dan Blow Thermoforming : Acrylic Dome, <http://hudileksono.blogspot.co.id/2015/02/blow-thermoforming-acrylic-dome.html> 6 may 2017 (20.30)
- [4]. Steven, (2001). Kimia Polimer. Terjemahan Lis Sopjan. Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta.
- [5]. Encyclopædia Britannica, (2015). Thermoforming Vacuum mold industry, <http://britannica.com/students/assembly/view/53836> 17 may 2017 (20.50)
- [6]. IWKA Pampac BP102, (2005). Packaging Pharmaceuticals Hand Book. India.
- [7]. Manuel Romaco (2015). Packaging Pharmaceuticals Hand Book. New York. Informa.
- [8]. Chenetal., 2000; Wang & Young, (2005). Packaging Pharmaceuticals Hand Book. New York. Informa.
- [9]. Cengel, Y. A, & Boles, M. A. (1994). Thermodynamics: An Engineering Approach (2nd ed). United States of America: McGraw-Hill.
- [10]. Reynolds, William & Perkins, H & Harahap, Filino. (1983). Termodinamika Teknik. Jakarta. Erlangga.
- [11]. Sebayang, Darwin. (2015). Metodologi Penelitian. Jakarta. UMB.
- [12]. Soekardi, C. (2015). Termodinamika Dasar Mesin Konversi Energi. Yogyakarta: ANDI.
- [13]. Soekardi, C. (2015). Perpindahan Panas. Jakarta. UMB.
- [14]. AZO Material. 2013. Polyvinylidenechloride Material. Retrieved From website: <http://http://www.azom.com/article.com>
- [15]. Engineering Tool Box. 2015. Material of Thermal Conductivity. Retrieved from website: <http://www.engineering/toolbook/Material-Properties-Aluminium.com>
- [16]. Leksono, Hudi. (2015). Plastik Thermoforming dan Blow Thermoforming: Acrylic Dome. Retrieved From website: <http://hudileksono.blogspot.co.id/2015/02/blow-thermoforming-acrylic-dome.html>
- [17]. Saryanto, H. (2013). Teori Perpindahan Panas : Fathul Iلمي. etrieved From website: <http://fathul-ilmu.blogspot.co.id/2013/09/teori-perpindahan-panas.html>