

ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR PADA BARELL TERHADAP HASIL EXTRUSI DENGAN MATERIAL DAUR ULANG KULIT KABEL PVC

Irvan Septyan Mulyana

Universitas Gunadarma, irvansepty@staff.gunadarma.ac.id,

ABSTRAK

Pengaruh temperatur terhadap material plastik didalam barell merupakan masalah yang sering terjadi sering terjadinya kegagalan sehingga perlu melakukan penelitian dalam bagian ini, agar hasil produksi dari rancang bangun mesin ekstruder berjalan dengan baik. maka masalah tersebut perlu diteliti lebih lanjut yang bertujuan untuk mendapatkan hasil proses yang maksimal dan mengetahui distribusi temperatur pada barell. Dari hasil experiment membuktikan bahwa temperatur yang paling baik pada proses extrusi material PVC berkisar antara 150°C -170°C dengan rasio L/D 1:30 dengan RPM screw 70 RPM dan jika material tersebut berada pada dibawah atau diatas suhu 150°C -170°C hasil dari proses extrusi kurang baik. Hasil perhitungan perpindahan panas didapatkan koefisien konveksi sebesar 18.1106 (W)/(m².°C). koefisien konveksi tersebut sebagai input untuk melakukan simulasi menggunakan software solidwoks, dari hasil simulasi dan hasil experimet distribusi temperatur dengan zona-zona yang sudah ditentukan hasilnya tidak berbeda jauh, peorbadaan disebabkan oleh metode pengukuran dan alat ukur. Sehingga pengaruh temperatur pada proses extrusi sangat berpengaruh terhadap hasil produksi

Kata Kunci: Extrusi , Heat transfer

PENDAHULUAN

Industri plastik setiap tahun selalu mengalami kenaikan, ke depan industri plastik akan naik sekitar 7 – 8 persen per tahun seiring dengan pertumbuhan industri makanan dan minuman, bahan kimia dan farmasi. Pada proses extrusi plastic sering kali terjadi permasalahan baik secara teknis, kimia dan human error yang menyebabkan kegagalan produksi. Pada ekstruder biasanya menggunakan pemans heater konvensional kemudian berkembangnya teknologi agar dapat lebih efisien diganti dengan induction heater. Sistem induction heater merupakan salah satu teknologi terbaru yang digunakan pada industri plastik yang perlu dikaji dan dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi dari sistem tersebut. (Singih Kurniawan, 2014).

Ekstrusi merupakan proses industri yang umumnya digunakan untuk mengolah bahan secaxa kontinyu (menghasilkan bahan yang panjang) atau

semi kontinyu (menghasilkan bahan dengan ukuran pendek). (Sumardi,2014). Proses ekstrusi menggunakan mesin single extrusion mempunyai bagian utama berupa sebuah poros berulir (*screw*) yang berfungsi untuk mendorong dan menekan bahan pellet hingga keluar dari die.

proses pengadukan pada pembuatan piastik dapat lebih efektif menggunakan *screw ekstruder*. (Arbiantarat Hari, 2011) Panas yang ideal agar hasil proses berkualitas baik. Panas pada barell ekstruder biasanya lebih dari 150 °C, tergantung pada jenis plastik yang akan diproses berdasarkan suhu melting atau suhu dimana kemampuan material palstik dapat meleleh.

METODE PENELITIAN

Perpindahan panas pada *screw* dan barell pada mesin *extruder* perlu dilakukan secara *experiment*, sehingga dapat diketahui hasil proses *extruder*

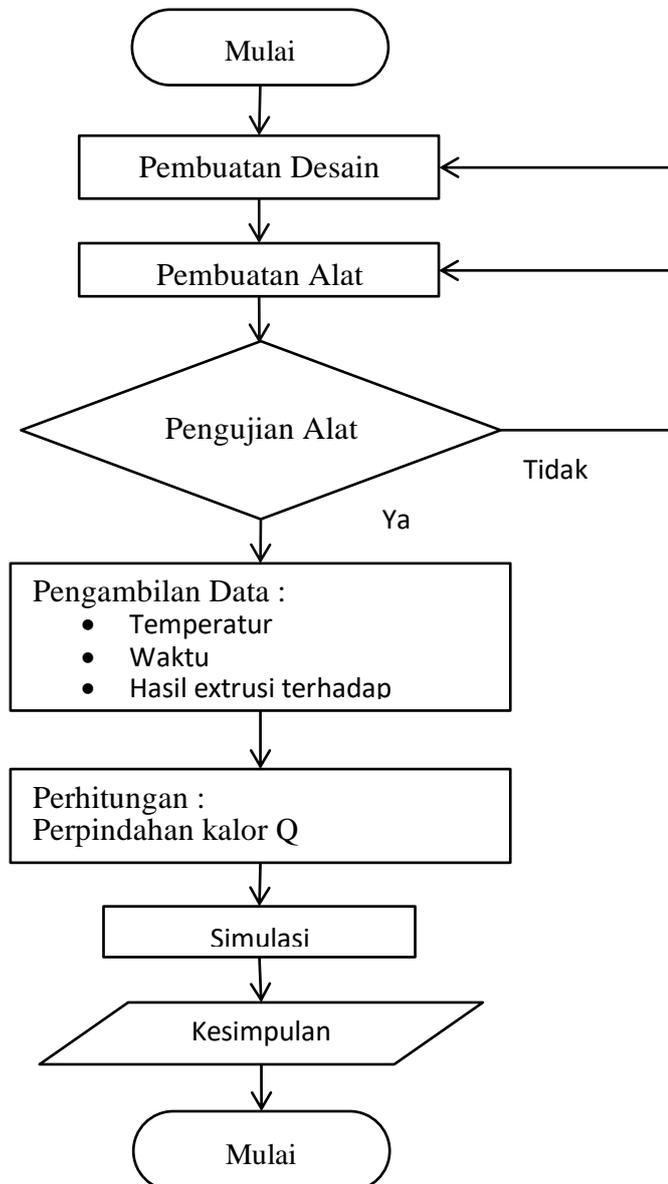
terhadap perbedaan temperatur. Berikut adalah diagram alur penelitian.

Desain alat atau mesin *extruder* dibuat sederhana dengan keterbatasan biaya tetapi tidak menghilangkan fungsi utama pada mesin tersebut.

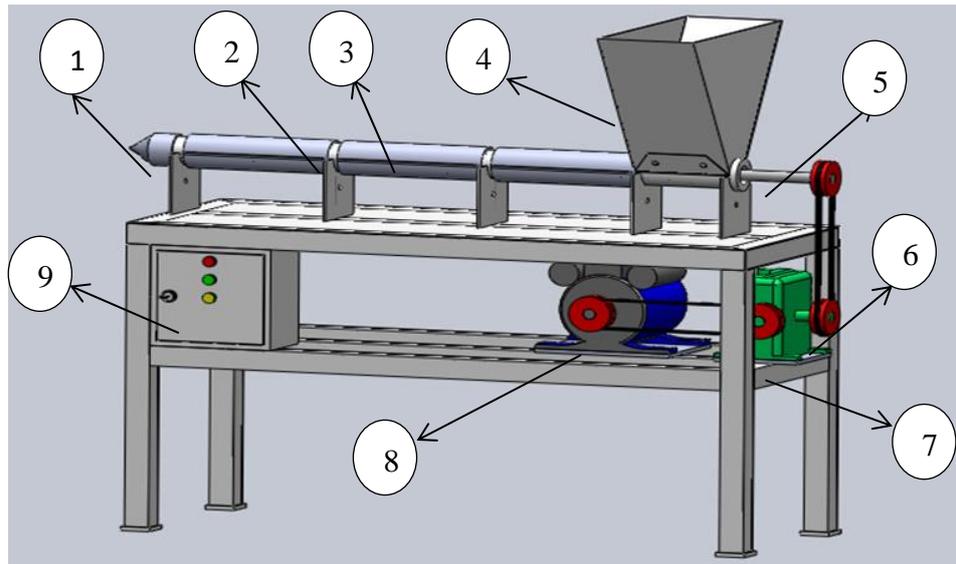
Hasil Desain alat uji dan dilakukan pengukuran pada alat uji mesin *extruder* didapatkan spesifikasi sebagai berikut (Tabel 1).

Mentukan kapasitas mesin tekan atau laju aliran material PVC pada *extruder* dapat menggunakan persamaan berikut (Sajima,2012):

$$\dot{m} = 60 \cdot \frac{\pi \times D_s^2}{4} \cdot p \cdot N \cdot \omega \cdot e \cdot \rho \cdot c \dots \quad (2.1)$$



Gambar 1 Flow Chat Penelitian



1. Cetakan (die)	5. Screw	9. Box Controler
2. Barell	6. Pully	
3. Heater	7. Gear Box	
4. Honer	8. Motor	

Gambar 2 Desain Mesin Extruder

Tabel 1.
Sfesifikasi Alat uji Mesin Extruder

	Spesifikasi
Dimensi total	Panjang= 128 cm cm L= 50 cm T = 126 cm
Berat total	80 Kilogram
Kapasitas <i>hopper</i>	5 kg
Motor	Motor 1 phasa, RPM 1450, Daya 0.75 KW
<i>Gearbox</i>	1:20
<i>Heater</i>	800 W, 220 V
<i>Sensor</i>	<i>Termocouple Type K</i>
<i>Controller</i>	PID dan SSR untuk pengaturan temperature
Perbandingan <i>screw L/D</i>	24-30
RPM <i>screw</i>	60–70 RPM

Tabel 2.
Faktor Kemiringan Sudut Screw

β	0°	5°	10°	15°	20°
c	1	0.9	0.8	0.7	0.65

Dimana \dot{m} , Kapasitas laju aliran material PVC (kg/s). p adalah *Pitch screw* (m), D_s Diameter *screw*(m), ρ Masa jenis (kg/m³), N Putaran *screw conveyor* (rpm), ω Faktor yang dipengaruhi oleh sudut Kemiringan, e *Loading efisiensi*, 0,125 untuk aliran lambat, (material *abrasive*), *Loading efisiensi* 0,25 untuk aliran lambat, (material sedikit *abrasive*), *Loading efisiensi* 0,32 untuk aliran bebas mengalir, (material sedikit *abrasive*), *Loading efisiensi* 0,4 untuk aliran bebas mengalir, (material tidak *abrasive*).Faktor c dipengaruhi oleh sudut kemiringan dari extrusion screw, apalagi kalau pada extrusion terdapat intermediate bearing. Pada rumus diatas harga c dipengaruhi sudut β seperti pada tabel berikut (Tabel 2).

Berdasarkan hukum pendinginan Newton laju perpindahan kalor konveksi, q_{conv} dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut (J.P. Holman,2010 :

$$q_{conv} = \dot{m} C_p (T_{b2} - T_{b1}) \dots(2.2).$$

Dimana q_{conv} , Energi panas konveksi (W), \dot{m} Laju aliran Massa (kg/s), C_p kalor jenis (kJ/kg. °C), T_{b1} Temperatur permukaan 1 (°C), T_{b2} = Temperatur *ambient* (udara sekitar) (°C)

Nilai koefisien konveksi paksa, h dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (J.P. Holman,2010): $h = \frac{Nu_d k}{d} \dots (2.3).$

, adalah Diameter barell (m), k , Konduktifitas thermal (W/m².°C). yang

jelas seperti yang terdapat pada aliran plat rata bebas . Suhu limbak menunjukkan keseluruhan energy yang mengalir pada suatu lokasi tertentu. Oleh sebab itu suhu limbak sering disebut suhu mangkuk pencampur (mixing cup temperature) karna pada suhu itulah yang akan dicapai fluida itu kalau ditempatkan didalam ruang pencampur dan dibiarkan mencapai keseimbangan. Suhu limbak merupakan fungsi linera karna fluks kalor pada dinding tabung itu konstan. Sehingga angka nusselt berlaku (J.P. Holman,2010) :

$$Nu_d = \frac{h.d_o}{k} = 4.364 \dots (2.4).$$

Menurut Sellars,tribus, dan Klein pada aliran laminar pada tabung, suatu fluida memasuki tabung pada suatu suhu maka suhu limbaklah yang kita maksud suhu limbak ini digunakan dalam neraca energy menyeluruh pada system.

Bahan uji atau material dalam percobaan ini adalah PVC Polyvinly Chloride, bahan yang digunakan bukan bahan murni PVC tetapi bahan limbah kulit kabel dengan material PVC, kulit kabel di proses terlebih dahulu dilakukan pencucian, pengilingan,dan pengeringan sehingga menjadi ukuran yang kecil dan dapat di proses di mesin extruder.

Proses extrusi pada material PVC kulit kabel menggunakan temperatur rata-rata atau properties material PVC murni menjadi acuan proses extrusi, mengingat material yang digunakan adalah material daur ulang berikut adalah Tabel Properties PVC.

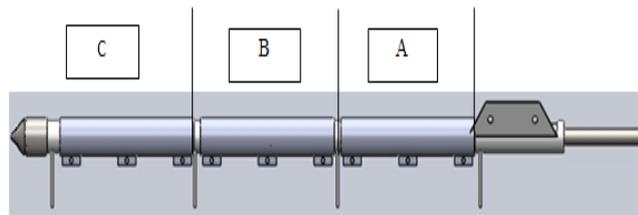


Gambar 3 Material PVC

Tabel 3.
Material Properties PVC (Polyvinly Chloride)

Material Properties PVC (Polyvinly Chloride)	
Thermal conductivity	0.16 W/ (m.K)
Specific heat	1000 J/ (Kg.K)
Density	1.42 g / cc
Viscosity temperature 130°C	950 Kg/m.s
Viscosity temperature 170°C	12000 kg/m.s
Temperature Melting	140°C - 180°C

Note: Material Properties Solidwoks 2015



Gambar 4 Pembagian Zona Temperatur

Percobaan perbedaan temperatur dibagi menjadi empat kali percobaan dimana tiap percobaan berbeda temperatur untuk mendapatkan data yang baik. Temperatur pada barell dibagi tiga zona yaitu zona A, zona B, dan Zona C. Pada percobaan ke satu Zona A = 110 °C, Zona B= 120, Zona C= 130. Pada percobaan ke dua Zona A = 130 °C, Zona B= 140, Zona C= 150. Pada percobaan ke tiga Zona A = 150 °C, Zona B= 160, Zona C= 170 dan Pada percobaan ke empat Zona A = 170 °C, Zona B= 180, Zona C= 190 °C. Pada gambar 2.4 adalah pembagian zona temperatur pada barell.

Material Properties PVC mempunyai suhu melting atau suhu pengerjaan extrusi plastic berkisar 140°C - 180°C, suhu ini digunakan untuk acuan dasar pada percobaan extrusi plastic.

Dalam proses penelitian agar hasil dari penelitian dapat mendekati sebenarnya maka perlu mengetahui proses pengambilan data yang benar sehingga mendapatkan data yang sama jika dilakukan berulang-ulang kali

dengan kondisi yang sama berikut ini adalah tahapan pengambilan data pada analisa perpindahan panas pada barell.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil 4 kali percobaan dengan temperatur yang berbeda menghasilkan produk yang berbeda beda berikut penjelasannya.

a. Percobaan kesatu Zona Temperatur 110 °C -130 °C

Material PVC belum meleleh sempurna masih ada butiran material pvc tidak bias keluar dari nozel. Hasil Percobaan Temperatur 110 °C - 130 °C, material limbah PVC belum meleleh sempurna di sebabkan temperatur terlalu rendah dengan kecepatan screw 70 rpm mengacu kepada tabel 3.3 Temperature Melting 140°C - 180°C jadi pada percobaan kesatu lelehan PVC belum sempurna di karenakan oleh suhu temperatur barell dibawah suhu melting.

b. Percobaan kedua Zona Temperatur 130 °C -150 °C

Hasil percobaan kedua Material PVC sudah meleleh sempurna tetapi sulit

untuk keluar dari nozel. Gambar 3.2 Hasil Percobaan Temperatur 130 °C - 150 °C, temperatur pada percobaan kedua sudah di range suhu melting 140°C - 180°C dengan putaran screw 70 rpm, lelehan PVC belum meleleh sempurna dan material lelehan pvc masih sulit keluar dari nozel,

c. Percobaan ketiga Zona Temperatur 150 °C -170 °C

Material PVC sudah meleleh sempurna dan keluar dari nozel baik. Hasil Percobaan Temperatur 170 °C - 190 °C, material limbah PVC belum meleleh sempurna di sebabkan temperatur terlalu tinggi dengan kecepatan screw 70 rpm mengacu kepada tabel 3.3 Temperature Melting 140°C - 180°C jadi pada percobaan ini lelehan PVC belum sempurna di karenakan oleh suhu temperatur barell diatas suhu melting yang mengakibatkan material PVC menjadi hangus dan kering

Dapat dibandingkan suhu yang paling baik digunakan untuk proses pengolahan bahan baku limbah kabel dengan jenis PVC maka suhu yang sesuai untuk proses extrusi adalah pada temperatur 150 °C – 180 °C, dari hasil percobaan ini seharusnya dilakukan proses selanjutnya yaitu menggunakan pendinginan biasa memakai udara atau air dan dilanjutkan dengan proses pemotongan agar bentuk dari lelehan proses extrusi tidak seperti kabel melainkan seperti biji plastic atau pellet plastik.

Pada gambar 3.5 merupakan hasil percobaan ketiga atau percobaan terbaik, limbah kulit kabel PVC dapat didaur ulang untuk menjadi pelet plastik yang dapat di proses menjadi biji plastic daur ulang

Perhitungan Perpindahan panas yang dihitung hanya pada percobaan yang paling baik dari keempat percobaan yaitu pada percobaan ke tiga, untuk mendapatkan koefisien

perpindahan panas. Perhitungan perindahan panas digunakan sebagai nilai input pada software solidwoks 2015 untuk mengetahui distribusi perpindahan panas pada barell. Menghitung laju material PVC pada barell menggunakan persamaan (2.1),

$$\dot{m} = 60 \cdot \frac{\pi \times D_s^2}{4} \cdot p \cdot N \cdot e \cdot \omega \cdot \rho$$

$$\dot{m} = 60 \times \frac{\pi \times 0.04027^2}{4} \times 0.0508 \times 70 \times 0.25 \times 0.8 \times 1420$$

$$\dot{m} = 7.717 \text{ kg/Jam} = 0.002143 \text{ kg/s}$$

Dimana D_s , diameter Screw adalah 0.04027 m, p jarak pitch screw sebesar 0.0508 m dan N, RPM screw 70 rpm. Dihitung menggunakan persamaan 2.1 laju aliran masa sebesar material PVC sebesar 0.002143 kg/s. kecepatan material aliran pvc di dalam barell sebesar 0.056 m/s dan berikut menentukan Reynolds number sebagai berikut:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d_o}{\mu} = \frac{1420 \times 0.056 \times 0.04}{1200} = 2.74 \times 10^{-4} < 10$$

Nilai Re yang dihasilkan kecil merupakan aliran laminar, menurut Sellars, tribus, dan Klein pada aliran laminar pada tabung suatu fluida memasuki tabung pada suatu suhu maka suhu limbaklah yang kita maksud suhu limbak ini digunakan dalam neraca energy menyeluruh pada system, sehingga untuk mencari nilai Nusselt berlaku persamaan (2.4) sebagai berikut

$$Nu_d = \frac{h \cdot d_o}{k} = 4.364$$

Koefisien perindahan panas konveksi pada barell dengan nilai konduktifitas thermal material PVC adalah 0.166 W/m.°C dan nilai Nu_d sebesar 4.364 diasumsikan sebagai suhu limbak dan d_o adalah diameter dalam barell sebesar 0.04 m sehingga diperoleh koefisien perpindahan panas konveksi berlaku persamaan (2.3) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{k Nu_d}{d_o} \\
 &= \frac{0.166 \text{ W/m} \cdot \text{°C} \times 4.364}{0.04 \text{ m}} \\
 &= 18.1106 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}
 \end{aligned}$$

Nilai h yang di input pada software simulasi solidwoks adalah $18.1106 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ dan menghitung Perpindahan panas konveksi berlaku persamaan (2.2) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 q_{cov} &= \dot{m} c_p (Tb_2 - Tb_1) \\
 q_{cov} &= 0.002143 \text{ kg/s} \times \\
 &1000 \text{ J/Kg} \cdot \text{°C} \times (170\text{°C} - 150\text{°C}) \\
 q_{cov} &= 42,86 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Nialai koefisien konveksi sebesar $18.1106 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ dan nilai perpindahan konveksi terhadap material plastic PVC sebesar $42,86 \text{ W}$ nilai ini yang akan menjadi parameter input pada software solidwoks 2015.



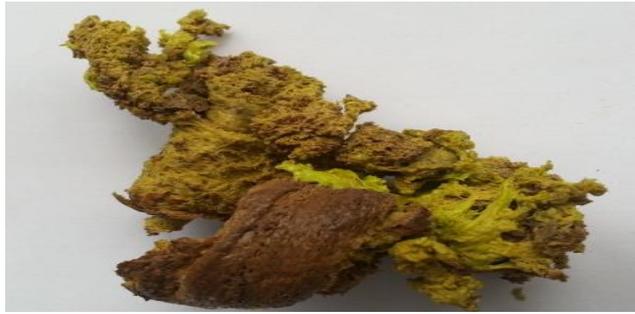
Gambar 5 Hasil Percobaan Temperatur 110 °C - 130 °C



Gambar 6 Hasil Percobaan Temperatur 130 °C - 150 °C



Gambar 7 Hasil Percobaan Temperatur 150 °C - 170 °C



Gambar 8 Hasil Percobaan Temperatur 170 °C - 190 °C

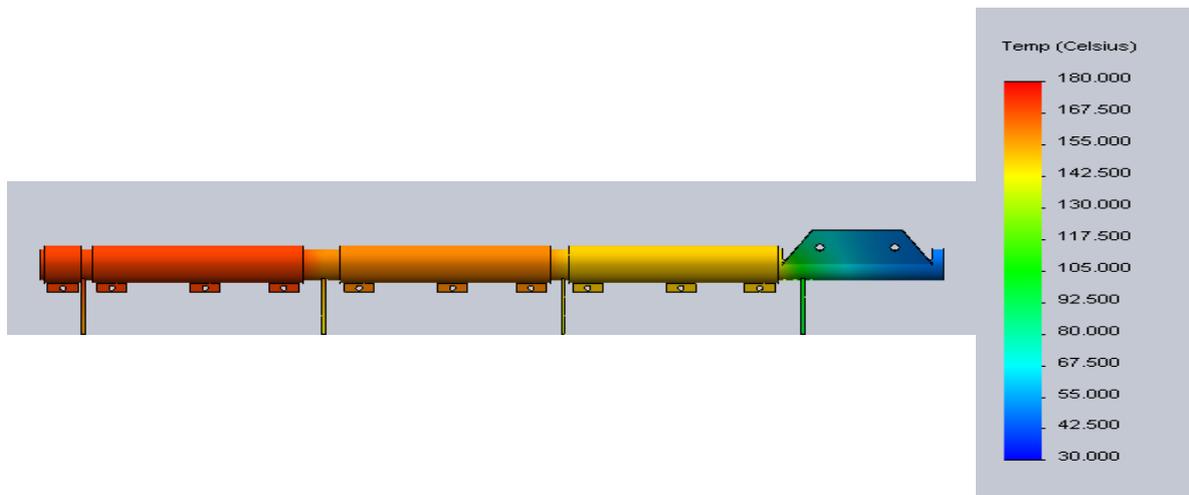


a. Bahan baku

b. Sudah diproses *extrusi*

c. Sesudah dipotong menjadi pelet

Gambar 9 Hasil Proses Extrusi Percobaan Ke Tiga



Gambar 10 Hasil Simulasi Temperatur Pada Titik Tertentu

Pada gambar 3.6 menunjukkan hasil simulasi yang menggunakan software solidwoks 2015 untuk mengetahui distribusi panas pada barell extruder, simulasi tersebut dengan acuan dari hasil perhitungan secara matematis, maka hasil simulasi menunjukan temperatur tertinggi pada barell sebesar 180°C dengan koefisien konveksi 18.1106 $W/m^2 \cdot ^\circ C$. Perpindahan panas yang terjadi pada barell terlihat

suhu masuk material pada barell sebesar 30 °C.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dibandingkan dengan hasil percobaan kesatu dan kedua, Temperatur 150°C - 170°C dengan Rpm screw 70 rpm material PVC meleleh dengan baik. Perpindahan panas yang terjadi pada material PVC secara konveksi adalah 42,86 W dan koefisien

konveksi sebesar $18.1106 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Dijadikan Input simulasi pada software solidwoks dan hasil simulasi menunjukan distribusi panas pada barell. Pada penelitian ini pada pengambilan data temperatur harus lebih teliti karna mempengaruhi hitungan dan hasil extrusi material PVC.

DAFTAR PUSTAKA.

Arbiantarat Hari, Santoso Mulyadiz, dkk. (2011). *Pengaruh Sudut Helicdan Compression Ratio Ulir Terhadap Nilai I(Ecepatan Aliran, Shear Rate, Perubahan Tekanan, Viskositas Dan Tegangaity Geser*. Jurnal Rekayasa Volume 8 nomor 1 (hal.132-139).

J.P. Holman(,2010), *Heat Transfer Tenth Edition*. Southern Methodist University

Sajima, Deddy Hasnurrofiq, Sudaryadi, (2012). *Rancang Bangun Screw Feeder Sebagai Perangkat Dukung Peleburan Konsentrat Zirkon*. Jurnal Penelitian Dan Pengelolaan Perangkat Nuklir Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan. Yogyakarta, Indonesia

Singgih Kurniawan, (2014). *Sistem Induction Heater Mesin Extruder Untuk Pengolahan Waste Pada Proses Reclam*. Jurnal Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

Sumardi & Indra Mawardi, (2014). *Perancangan dan Fabrikasi Mesin Extrusi Single Screw*, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe.