

Rancang Bangun *Reservoir* Pendingin Menggunakan *Chiller* dan Pengujian Pada Hasil Pemotongan *Plastic Composite* Kapasitas 5 kg/jam

Alfan Ekajati Latief, M. Pramuda Nugraha S, Naufal Dwi Febriyanto,
Sobari Akbar, M. Rezki Pratama

Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
Jl. PHH. Mustafa No.23 Bandung 40124
e-mail : alfan@itenas.ac.id

Received 17 November 2023 | Revised 22 Desember 2023 | Accepted 20 Januari 2024

ABSTRAK

Untuk memperoleh bentuk pellet composite tersebut diperlukan proses pendinginan, material komposit dari mesin *extruder* sebelum dilakukan pemotongan. Proses pendinginan material komposit mempengaruhi proses pemotongan menjadi bentuk pellet, oleh karena itu pada penelitian ditentukan *reservoir* pendingin yang digunakan agar suhu air yang ada didalam reservoir tetap stabil. Metode penelitian ini berupa rancang bangun sebagai *reservoir* pendinginan menggunakan *chiller* dan menguji pemotongan *plastic composite*. Hasil perancangan di peroleh *reservoir* dengan dimensi 150 cm x 20 cm x 30 cm dan mesin pendingin dengan kapasitas 1 Pk. Temperatur material di mesin extruder sebesar 195°C didinginkan oleh air dengan temperatur 10°C dan 27°C, sehingga material *plastic composite* menjadi kaku akibat pendinginan cepat. Hasil uji keras bahwa material komposit yang telah didinginkan dengan temperatur 10°C memiliki kekerasan rata – rata 11,82 VHN. Dimana kekerasan material ini lebih keras di bandingkan pada suhu 27°C yang sebesar 7,82 VHN. Produk hasil pendinginan, kemudian dipotong menjadi bentuk pellet dengan ukuran mesh 4, hasil pemotongan di peroleh kapasitas pemotongan 4,30 kg selama 60 menit dengan hasil pemotongan yang seragam sebanyak 90%.

Kata Kunci : Water Chiller, PPHI , Serat nanas, mesin pemotong

ABSTRACT

To obtained the composite pellet form is required cooling process, composite material from extruder machine before cutting. The cooling process of the composite material affects the cutting process into pellet form, therefore the research determined the cooling reservoir used so that the water temperature in the reservoir remains stable. This research method is in the form of design as a cooling reservoir using a chiller and testing the cutting of plastic composite. The results of the design obtained a reservoir with dimensions of 150 cm x 20 cm x 30 cm and a cooling machine with a capacity of 1 Pk. The material temperature in the extruder machine is 195 °C cooled by water with a temperature of 10 °C and 27 °C, so that the plastic composite material becomes stiff due to rapid cooling. The results of the hard test that the composite material that has been cooled with a temperature of 10 °C has an average hardness of 11.82 VHN. Where the hardness of this material is harder than at 27 °C which amounted to 7.82 VHN. The result of the cooling, then cut into a pellet size of mesh 4. And the result of cutting obtained a cutting capacity of 4,3 kg for 60 minutes with a uniform cutting result of 90%.

Keywords: water chiller, PPHI, Fiber Nanas, Cutting Machine.

1. Pendahuluan

Sistem refrigerasi, mempunyai empat macam komponen utama yaitu kompresor, kondensor, evaporator, dan *alat* ekspansi. Kompresor merupakan alat inti dalam sistem kompresi uap. Pada sebuah sistem pendingin, selama dalam proses kerja yang teratur, dengan beban refrigerasi yang berat, maka temperatur evaporator akan naik, sehingga dapat mempengaruhi karakteristik dari sistem kompresi uap misalnya pada kapasitas refrigerasi, daya kompresor, laju pelepasan kondensor, *coefisien of performace* dan yang lainnya. *Polipropilena high impact* (PPHI) merupakan bahan yang paling umum digunakan dalam industri otomotif Indonesia. Karena memiliki ketahanan terhadap beban dampak yang tinggi (PPHI) dimanfaatkan sebagai bahan pengikat pada komposit polimer serat alam. Salah satu komponen *sparepart* yang dapat dibuat dari bahan ini adalah *Slide piece CVT* [9]. Mesin *Extruder Peletzing* merupakan suatu proses perubahan plastik yang *diesxtrusi* (perubahan bentuk padat menjadi cair) proses perubahan ini melalui berbagai tahapan antara lain material yang sudah berada di *hopper* jatuh ke dalam, tepatnya jatuh kedalam *feeding zone (barrell)*. Daerah *feeding zone* ini mempunyai daerah yang dalam. Didalam daerah ini memiliki temperatur 165° dan 180°, dan putaran *screw* konstan pada 15 rpm. Dengan harapan kedua bahan tercampur dengan rata [2]. Serat merupakan zat yang panjang, tipis, dan lentur. Ciri yang dimiliki oleh semua serat adalah ukuran panjang yang relatif lebih besar dari pada lebarnya. Sifat karakteristiknya ditentukan oleh perbandingan yang besar antara panjang dan lebar, dan tidak ditentukan oleh zat pembentuknya. Biji pelet komposit merupakan suatu material yang terbentuk akibat campuran atau kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dikarenakan sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda dalam jurnal.

1.1. Serat Nanas

Serat daun nanas (*pineapple-leaf fibres*) adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan (*vegetable fibre*) yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas. Tanaman nanas yang juga mempunyai nama lain, yaitu *Ananas cosmosus* (termasuk dalam *family Bromeliaceae*), pada umumnya termasuk jenis tanaman semusim. Di Indonesia tanaman tersebut sudah banyak dibudidayakan, terutama di Pulau Jawa dan Sumatera yang antara lain terdapat di daerah Subang, Majalengka, Purwakarta, Purbalingga, Bengkulu, Lampung dan Palembang yang merupakan salah satu sumber daya alam yang cukup berpotensi. Intensitas sinar matahari yang tidak terlalu banyak (Sebagian terlindung) pada umumnya akan menghasilkan serat yang kuat, halus, dan mirip sutera (*strong, fine and silky fibre*). Terdapat lebih dari 50 varietas tanaman nanas di dunia, beberapa varietas tanaman nanas yang telah dibudidayakan di Indonesia antara lain Cayenne, Spanish/Spanyol, Abacaxi dan Queen.

Varietas Nanas	Physical Characteristics		
	Length (cm)	Width (cm)	Thickness (cm)
Assam local	75	4.7	0.21
Cayenalisa	55	4.0	0.21
Kallara Local	56	3.3	0.22
Kew	73	5.2	0.25
Mauritius	55	5.3	0.18
Pulimath Local	68	3.4	0.27
Smooth Cayenne	58	4.7	0.21
Valera Moranda	65	3.9	0.23

Gambar 1. Jenis Serat Nanas

Komposisi Kimia	Serat Nanas (%)	Serat Kapas (%)	Serat Rami (%)
Alpha Selulosa	69,5 – 71,5	94	72 – 92
Pentosan	17,0 – 17,8	-	-
Lignin	4,4 – 4,7	-	0 - 1
Pektin	1,0 – 1,2	0,9	3 – 27
Lemak dan Wax	3,0 – 3,3	0,6	0,2
Abu	0,71 – 0,87	1,2	2,87
Zat-zat lain (protein, asam organik, dll.)	4,5 – 5,3	1,3	6,2

Gambar 2. Komposit Serat Nanas

Sifat Mekanik	Konditisi Serat	
	Untreated	Degumming
Tenacity (CN/tex)		
- Dry	38.4	36.5
- Wet	16.6	16.2
Breaking elongation (%)		
- Dry	2.9	3.3
- Wet	2.7	2.9

Gambar 3. Sifat Mekanik Serat Nanas.

1.2. Polipropilena High Impact (PPHI)

Polipropilena high impact (PPHI) merupakan salah satu polimer yang umum digunakan dalam industri otomotif Indonesia. Ketahanan terhadap beban impact yang tinggi menjadikan PPHI sangat menjanjikan untuk dimanfaatkan sebagai bahan pengikat pada komposit polimer berpenguat serat hayati. Studi mengenai pemanfaatan PPHI sebagai bahan pengikat pada komposit polimer berpenguat serat hayati masih belum banyak dipelajari. Pada penelitian umumnya telah dilakukan studi sifat tarik dan sifat impact dari komposit PPHI berpenguat serat rami, dimana PPHI dimanfaatkan sebagai bahan pengikat dan serat rami berfungsi sebagai bahan penguat dengan berbagai fraksi volume, dan fraksi volume 10 % PPHI dan penambahan serat rami *meshing* dibawah 1200 dapat meningkatkan kekuatan tarik PPHI sebesar 21% dan meningkatkan harga impact PPHI sebesar 15.5%.

Sr. No.	Properties	Test Method	Units	Values*
Physical Properties				
1	Melt Flow Index (230°C & 2.16 kg)	ASTM D1238	g / 10 min	3.5
2	Density (23 °C)	ASTM D 1505	Gm/cm ³	0.90
Mechanical Properties				
3	Tensile Strength @ Yield (50mm / min)	ASTM D 638	MPa	28
4	Elongation @ Yield (50mm / min)	ASTM D 638	%	9
5	Flexural Modulus (1.3 mm/min)	ASTM D790A	MPa	1200
6	Notch Izod Impact Strength (@ 23°C)	ASTM D 256	J/m	150
Thermal Properties				
7	Vicat Softening Point (10N)	ASTM D1525	°C	150
8	Heat Deflection Temperature (0.46N/m ²)	ASTM D 648	°C	90
* Mechanical Properties tested on Injection molded specimen prepared in accordance with ASTM D 4101 and conditioned as per ASTM D 618				
* Typical Values and not to be taken as specifications, values may change without any prior notice.				

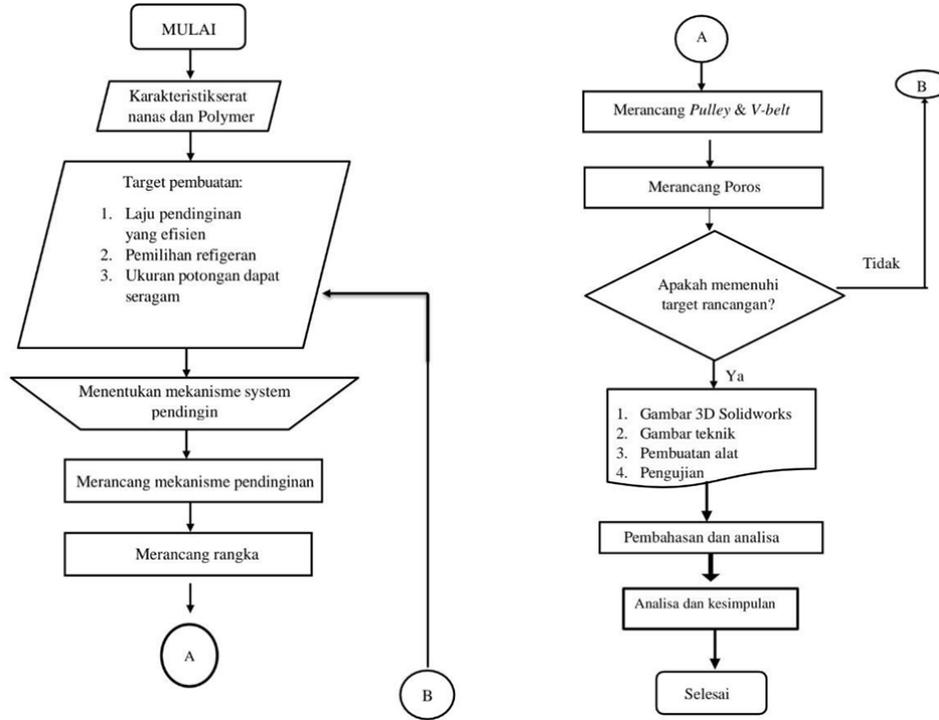
Gambar 4. Karakteristik PPHI.

1.3. Metode Pemotongan

Memotong (*Cutting*) bahan hasil pertanian merupakan salah satu kegiatan yang paling umum dilakukan, contohnya pada memanen (*harvesting*), menyortir (*separation*) dan juga proses pencacahan (*comminution*) ukuran bahan. Memotongan (sesuai dengan kebutuhan signifikan) juga berperan dalam pemisahan kandungan makanan ternak. Dalam proses operasi lainnya, kebanyakan melibatkan proses pemotongan [7]. Pada saat pemotongan, mata pisau akan menembus dan melewati kekuatan bahan sehingga bahan menjadi terpotong. Pada proses

pemotongan berlangsung, perbedaan deformasi terjadi pada bahan, yang bergantung pada bentuk mata pisau dan proses kinematik pemotongan [7].

2. Metodologi



Gambar 5. Diagram Alir

3. Hasil dan Pembahasan

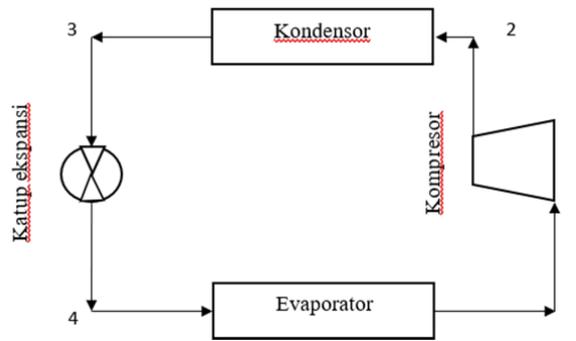
Perancangan dan pemilihan mekanisme mesin *pendingin* biji plastik berbahan komposit. Merupakan proses membuat struktur teknik atau bentuk teknis sistem berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu pembuatan desain morfologi, deskripsi konsep.

1. Penentuan Mesin pendingin.

Mesin pendingin tipe split berdaya 1 pk yang di modifikasi. Seperti pada table di bawah ini.

Tabel 1. skema mesin pendingin

1	Ac 1 pk
2	Evaporator koil
3	Panel box
4	Frame
5	Reservoir
6	Pompa DC



Gambar 6. Skema

Dari hasil pengujian mesin pendingin 1 pk yang di lengkapi dengan sensor tekanan tempraturseperti gambar diatas. Dari hasil pengujian di peroleh data tempratur dan tekanan seperti padatable di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Eentalpi

No	Tekanan (bar)	Tempratur °C	Entalpi $\frac{kJ}{kg}$
1	2,05	2,52	250,82
2	17,28	43	261,21
3	8,27	12,5	254,14
4	4,83	-3	207,25

Berdasarkan hasil perhitungan dengan formula:

a. Mencari m air
 $m = \rho \times \text{debit}$ (1)
 $= 0,083 \frac{kg}{s}$

b. Setelah mencari m maka mencari Q_{air} yang dimana akan menjadi Q_{evap} .
 $Q_{air} = m \times c_{p\text{air}} \times \Delta t$ (2)
 $= 4,162 \frac{m^3}{s}$

c. Mencari m_{ref}
 $Q_{evap} = m_{ref} (h_2 - h_1)$ (3)
 $m_{ref} = \frac{h_2 - h_1}{Q_{evap}}$
 $= 4,162 \frac{kg}{s}$

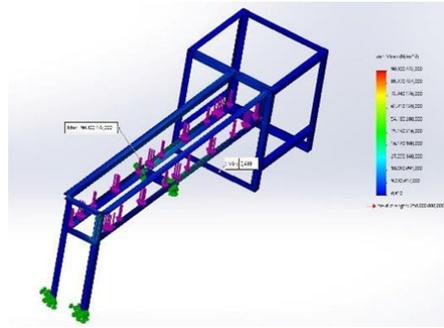
d. Mencari daya kompresor
 $W_{komp} = m_{ref} (h_3 - h_2)$ (4)
 $= 17.60 \text{ kw}$

e. Harga *Coefficient Of Performace* untuk refrigeran R-22, pada kondisidiatas adalah sebesar :
 $m_{ref} (h_2 - h_1)$ (5)
 $\text{cop} = \frac{W_{kop}}{Q_{evap}}$

2. Simulasi pada frame

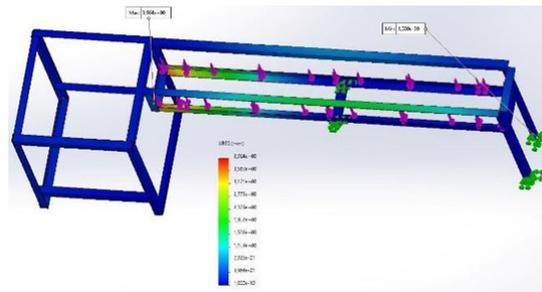
Untuk rangka mesin ini diperlukan karakter yang kuat dan kokoh maka dipilih besi siku dengan ukuran 30 x 30. Fungsi rangka ini yaitu digunakan sebagai pondasi mesin yang menahan beban *reservoir* dan *air* sebesar 215 N simulasi dari tegangan pada rangka yang disimulasikan menggunakan bahan ASTM A36 memiliki tegangan maksimal 45 MPa,

terdapat *yield strength* adalah 250 MPa.



Gambar 7. Rangka Mesin.

Dari hasil simulasi dibawah ini, perubahan bentuk (*displacement*) yang terjadi pada Rangka akan mengalami perubahan bentuk rangka maksimu sebesar 3.964.000 mm. Hal ini dikarenakan tegangan maksimal yang terjadi cukup jauh mendekati kekuatan tariknya (*yield strength*) dari bahan ASTM A36 yaitu sebesar 250 MPa.



Gambar 8. Displacement Rangka Mesin.

3. Hasil Pendinginan dan Pematangan

Dari pengujian mesin Extruder biji plastik didapat hasil campuran dari PPHI dan serat daun nanas. Dari hasil campuran 80% PPHI dan 20% serat daun nanas pada suhu 215°C menghasilkan warna coklat tua dan saat proses pendinginan menggunakan chiller temperatur turun sangat signifikan dari 195°C sampai dengan 25°C dengan temperatur air 10°C dalam waktu 60 menit proses pematangan dapat menghasilkan biji plastik komposit sebesar 4,3 kg dengan tingkat keseragaman mengunakan mesh 4 (**gambar 9.a**) sekitar 90 % (**gambar 9.b**) dan yang tidak lolos sekitar 10 % (**gambar 9.c**).



(a)



Gambar 9. Hasil Pematongan, (a) Proses pengayakan mesh 4, (b) Lolos Mesh 4, (c) Tidak lolos mesh 4 .

4. Uji keras

Pengujian di lakukan dengan alat uji Vickers. Berdasarkan dari nilai kekerasan yang telah di uji perbandingan hasil pengujian pendingin di suhu 10 °C (menggunakan chiller) dan pendingin pada suhu 27 °C (tanpa menggunakan chiller) dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kekerasan

No	Proses	Spesimen	HV					Rata-rata
			Titik 1 (VHN)	Titik 2 (VHN)	Titik 3 (VHN)	Titik 4 (VHN)	Titik 5 (VHN)	
1	Melalui pendingin 10 °C	1	11,8	12,9	11,2	11,5	11,7	11,82
2	Tanpa pendingin 27 °C	2	9,8	10,0	9,1	10,7	10,2	7,82

Hasil pengujian didapat nilai rata-rata kekerasan pendinginan dengan suhu 10°C sebesar 11,82 VHN. Sedangkan nilai rata-rata kekerasan suhu 27 °C sebesar 7,82 VHN. Hal ini disebabkan terjadi pengerasan pada material karena proses pendinginan pada suhu yang rendah.

4. Kesimpulan dan Saran

Hasil perancangan mesin pendingin biji plastik dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Mesin pendingin menggunakan AC 1 pk, sehingga air pada reservoir stabil pada temperatur 10°C dengan nilai COP 4,22
- 2) Tegangan yang terjadi pada rangka masih dibawah tegangan yield, sehingga rangka dengan bahan reservoir ASTM A36.
- 3) Setelah dilakukan proses pengujian selama 60 menit di dapat PPHI 4.3 kg, dengan tingkat keseragaman mencapai 90 % untuk mesh 4.
- 4) Nilai kekerasan meningkat ketika material biji plastik komposit didinginkan menggunakan chiller sebesar 11,82 VHN jika di bandingkan tanpa menggunakan chiller sebesar 7,82 VHN

4. Daftar Pustaka

- [1] Anggraeni, N. D. (2020). Seminar Nasional – XIX. *Analisis Bending pada Komposit PPHI (Polypropylene High Impact) Berpenguat Serat Nanasdengan Fraksi Volume 20% yang Dibuat Menggunakan Injection Molding*.
- [2] Cahyadi Suheri. (2023). Pembuatan Mesin Biji pellet plastik Komposit kapasitas 2.5

- Kg/jam.Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- [3] Hairiyah, N. (2020). PEMBUATAN KOMPOSIT DARI LIMBAHPLASTIK POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) BERBASIS SERAT ALAM . *argo industri*.
 - [4] Hendriawan. F., & Herry. (2011) Pengaruh Orientasi Serat pada komposir Resin Polyester/Serat Daun Nanas Terhadap kekuatan Tarik. *Jurnal Teknik Mesin* Vol.1. 1-7.
 - [5] Imam Faozan. (2015). ANALISIS PERBANDINGAN EVAPORATOR KULKAS (LEMARI ES) DENGAN. *Jurnal Teknik Mesin*, 1-5.
 - [6] j.moran, michael;. (2004). termodinamika teknik. jakarta : penerbit erlangga.
 - [7] Junaidi, A. E. (2019). *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa. Modifikasi Unit Pemotong Mesin Pencacah Serat Tkks Menggunakan Silinder Pemotong Tipe Reel*,56-64
 - [8] Kemas., R. (2019). PENGARUH MEDIA PENDINGIN AIR PADA KONDENSOR TERHADAP KEMAMPUAN KERJA MESIN PENDINGIN. *Universitas Muhammadiyah Metro*, 3-6.
 - [9] Latief, A. H. (2019). *Jurnal Rekayasa Hijau . Karakterisasi Mekanik KompositMatriks Polipropilena High Impact Dengan Serat Alam Acak Dengan MetodeHand Lay Up Untuk Komponen Automotive*.
 - [10] Nina , H. (n.d.). P, I. (2020). “PEMILIHAN FLUIDA PENDINGIN PADA MESIN PENDINGIN IKAN (FREEZER) KAPASITAS 1 TON. *universitas muhammadiyah* , 2-6.
 - [11] Setiawan1, R. (2019). ANALISA BEBAN PENDINGIN TERHADAP UNJUK KERJA. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XV*.
 - [12] Sularso, & Suga, K. (2002). *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
 - [13] Suryadimal. (2020). Analisa Performance Sistem Pendingin Mini Chiller Kapasitas1,5 PK. *Universitas Bung Hatta*, 3-6