

Determination of Cooling Water Requirement for Plastic Film Extrusion Process at PT. XYZ North Sumatra

¹Darni Paranita, ¹Donda, ^{1*}Dimas Frananta Simatupang

¹Program Studi Teknik Kimia, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Indonesia

*difratas@ptki.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Diterima : 23-11-2023
Disetujui : 11-12-2023

Keywords:

Cooling water
Plastic film
Heat
Equation



ABSTRACT

Abstract: The cooling water is a liquid medium used to cool down plastic film after it undergoes melting in the plastic film extrusion process. This research aims to determine the required amount of cooling water needed to cool the plastic film before it enters the cutting process. The research method involved collecting primary data from the factory and determining the heat and cooling water requirements using thermodynamic equation calculations. The results indicate that a flow rate of 475 kg/hour of plastic film releases heat into the cooling water at an average rate of 19175.9043 kcal/hour, with an average cooling water requirement of 983.366925 L/hour.

Abstrak: Air pendingin merupakan media cairan yang digunakan untuk pendinginan film plastik setelah mengalami peleburan pada proses ekstrusi film plastik. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan jumlah air pendingin yang diperlukan untuk mendinginkan film plastik sebelum nantinya masuk ke dalam proses pemotongan. Metode penelitian dengan pengumpulan data primer dari pabrik dan menentukan panas serta kebutuhan air pendingin dengan kalkulasi persamaan termodinamika. Hasil menunjukkan bahwa sebanyak 475 kg/jam laju alir kapasitas film plastik melepas panas ke air pendingin dengan rata-rata sebesar 19175,9043 kkal/jam dengan kebutuhan air pendingin rata-rata sebesar 983,366925 L/jam.



<https://doi.org/10.31764/justek.vXiY.ZZZ>



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

A. LATAR BELAKANG

Air adalah salah satu elemen penting yang dibutuhkan dalam berbagai proses produksi dan proses lainnya dalam suatu industri. Mengingat pentingnya air maka diperlukan ketersediaan air bersih yang memenuhi standar yang berlaku secara kualitas dan harus memenuhi kebutuhan industri secara kuantitas dan kontinuitas sehingga berbagai proses produksi dapat berjalan dengan baik. Kemudian, dengan adanya standar baku mutu untuk air bersih industri maka dianjurkan setiap industri memiliki pengolahan air milik sendiri yang sesuai dengan kebutuhan industri. Instalasi Pengolahan Air (IPA) merupakan salah satu unit yang umumnya mengolah air sungai sebagai bahan baku menjadi air bersih yang didistribusikan ke masyarakat maupun ke pabrik pengolahan (Simatupang, Saragih, et al., 2021).

Air pendingin (*cooling water*) merupakan satu dari banyak jenis air yang diperlukan dan digunakan dalam berbagai proses industri. Kualitas dari air pendingin berdampak langsung terhadap integritas komponen atau struktur reaktor. Karena pada dasarnya, air sebagai pendingin mengalami kontak langsung dengan komponen atau struktur reaktor. Air yang digunakan sebagai pendingin harus memenuhi persyaratan yang sesuai dengan komponen atau struktur yang dirumuskan dalam spesifikasi kualitas air pendingin (Ridhuan & J, 2014). Dalam kasus pendinginan suatu bahan di pabrik, proses pendinginan melibatkan panas dari suatu substansi ke substansi yang lain. Substansi yang kehilangan panas disebut *cooled*, dan yang menerima disebut *coolant*. Beberapa faktor yang mempengaruhi air menjadi *coolant* yang baik adalah (1) Sangat berlimpah dan tidak mahal, (2) dapat ditangani dengan mudah dan aman digunakan, (3) Dapat membawa panas per unit volume dengan jumlah besar, (4) Tidak mengembang ataupun menyusut (volumenya) pada perubahan suhu dalam range normal dan (5) tidak terdekomposisi (Matijašević & Dejanović, 2014).

Pengaruh air pendingin terhadap proses ekstrusi berpengaruh pada penyusutan film plastik. Ekstruksi plastik adalah proses produksi bervolume tinggi dimana plastik dilelehkan dan dibentuk menjadi film plastik. Proses ini dimulai dengan memberi bahan plastik (pelet, butiran, serpih, dan bubuk) dari *hopper* ke dalam barrel ekstruder. Bahan ini secara bertahap dilelehkan oleh energi mekanik yang dihasilkan oleh sekrup berputar oleh pemanas diatur di sepanjang laras. Dalam ekstruksi plastik, bahan senyawa baku umumnya dalam bentuk *nurdles* (manik-manik kecil, yang sering disebut resin) masuk ke dalam *hopper* yang dipasang di atas ke laras ekstruder yang kemudian mengalami pemanasan resin dengan pengaturan suhu (215–250 °C) yang kemudian ditarik dengan *roll* ke dalam media pendingin (*water cooler*) dengan suhu 30 °C (Butler & Ealer, 2005; Giles et al., 2005).

Pada proses pendinginan yaitu semakin tinggi suhu injeksi film plastik yang mengakibatkan membutuhkan suhu air yang tinggi agar mengurangi cacat *shrinkage* (penyusutan) tetapi pemilihan bahan baku juga mempengaruhi cacat *shrinkage* dan parameter proses *injection plastic film* itu sendiri. Beberapa penelitian telah melaporkan mengenai evaluasi kebutuhan air pendingin yang dibutuhkan oleh sebuah kapal tanker tipe 17500 LTDW sebesar 487,87 kW dengan menghitung *cooling capacity* berdasarkan *General Arrangement* (Syah et al., 2018). Selanjutnya, penelitian mengenai penentuan banyaknya panas yang diserap dan air pendingin yang dibutuhkan oleh kondensor pada PLTU Tanjung Awar-awar dilaporkan sebanyak 21.794.250 kJ/jam dan 869.124,754 kg/jam menggunakan metode perhitungan luas perpindahan panas dan data sekunder pabrik (Rahmadhani & Aji, 2020). Selain itu, hasil penelitian lainnya melaporkan kebutuhan air pendingin yang hilang pada *cooling tower* RGS-GAS setelah revitalisasi pada daya 30 MW sebesar 93,8074 m³/jam. Hal ini terjadi diakibatkan adanya pergantian tipe pompa menjadi tipe PA-04 yang memiliki kapasitas pompa 100 m³/jam (Busono & Pujiarta, 2020). Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan jumlah kebutuhan air pendingin dan kapasitas panas pada proses ekstruksi film plastik pada unit *Cooling Water* di PT. XYZ Sumatera Utara.

B. METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan penelitian yang digunakan meliputi plastik film dan air pendingin. Sementara itu, alat-alat penelitian meliputi termometer dan ekstruder lohya.

Pengumpulan Data

Jenis penelitian yang digunakan adalah kuantitatif. Penelitian dilakukan dengan melakukan observasi langsung ke unit *Cooling Water* PT. XYZ Sumatera Utara. Data observasi diperoleh mulai dari proses pendinginan dari awal bahan masuk hingga proses keluar yang meliputi data kapasitas ekstruder lohya, suhu plastik film yang masuk (T_1), suhu plastik film yang keluar (T_2), suhu air yang masuk (t_1), dan suhu air yang keluar (t_2).

Analisis Data

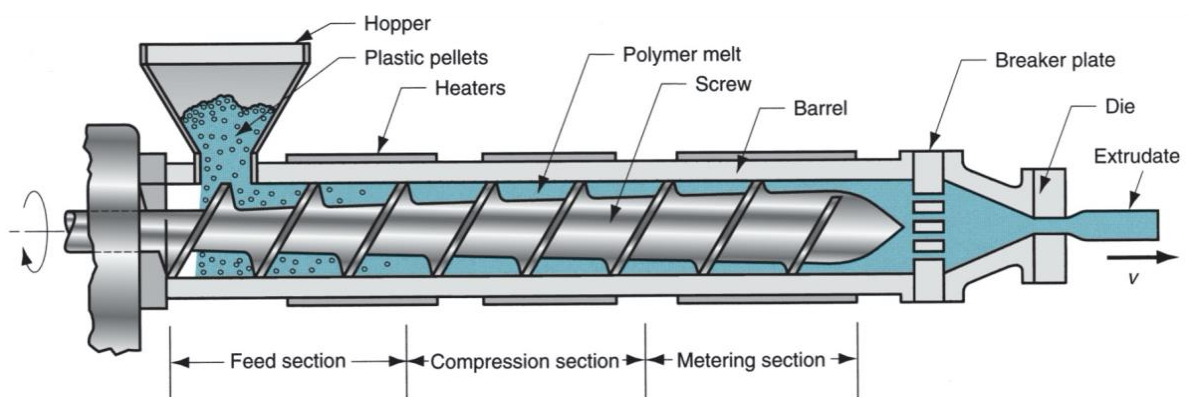
Data-data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan kalkulasi persamaan termodinamika sebagai berikut

$$Q = m \int C_p \partial T \quad (1)$$

dengan Q merupakan panas yang dilepas plastik film (Kkal/jam), m merupakan massa plastik film (Kg/jam), C_p merupakan kapasitas panas polipropilen (Kkal/kg K) dan ∂T merupakan perubahan suhu (K) (Simatupang, Tarigan, et al., 2021). Persamaan (1) digunakan untuk menghitung jumlah panas yang dilepas plastik film terhadap air pendingin dan menghitung kebutuhan air pendingin untuk mendinginkan plastik film. Kapasitas panas plastik film polipropilen ditentukan dengan interpolasi menggunakan tabel *thermodynamics properties of polypropylene* (Gaur & Wunderlich, 1981). Selanjutnya, untuk menentukan kapasitas air dengan interpolasi menggunakan tabel *characteristic value of water* (Simatupang, Yuniyanto, et al., 2021).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

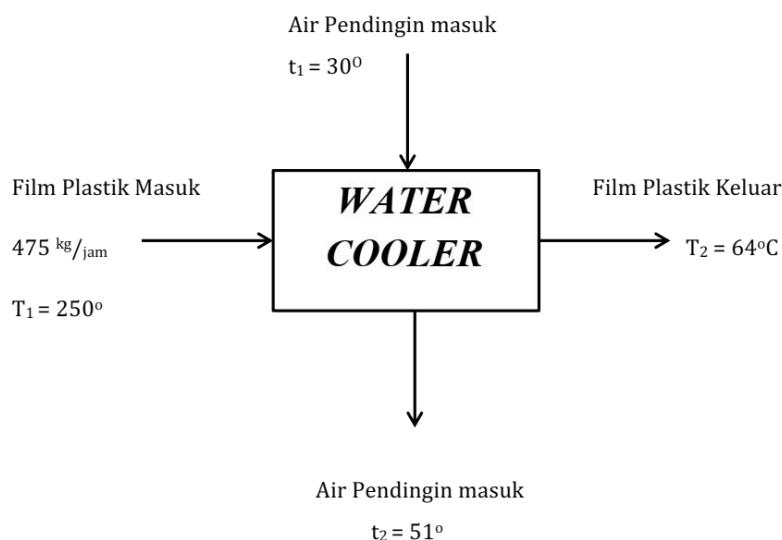
Proses dalam ekstruksi plastik dilakukan dengan teknik menekan bahan dasar plastik dengan tujuan agar mengalir melalui lubang-lubang pada cetakan yang menghasilkan produk secara terus-menerus yang bentuknya sesuai dengan bentuk lubang cetakan (Groover, 2013; Vynckier et al., 2014). Adapun mesin ekstruder yang umumnya digunakan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Ekstruder (Fransiscus et al., 2022)

Sistem *cooling water* merupakan sistem yang umum digunakan dalam banyak pabrik kimia, listrik, metalurgi dan lainnya. Sistem ini membutuhkan energi yang cukup besar

dengan efisiensi penggunaan kembalinya juga cukup rendah (Yang et al., 2019). Konsep dasar dari sistem *cooling water* adalah dengan melakukan pendinginan oleh air atau dikenal istilah penguapan sehingga muncullah terminologi *evaporative cooling*. Udara bercampur dengan air pendingin dan keluar membawa panas yang dipindahkan dari air. Air pendingin banyak dikonsumsi untuk melakukan proses pendinginan dan air yang digunakan juga harus memiliki kualitas yang baik (Abboud, 2022; Saber et al., 2022). Skema proses pendinginan film plastik pada unit *Cooling Water* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Pendinginan Film Plastik

Data observasi yang diperoleh langsung dari pabrik dengan alat yang sama dan juga didukung dengan data hasil wawancara secara lisan dengan teknisi operator pabrik. Data sekunder sebanyak empat kali pengamatan langsung tersebut ditabulasikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Proses Pendinginan Film Plastik

No	Laju Film Plastik (Kg/Jam)	Suhu Film Plastik (°C)		Suhu Air Pendingin (°C)	
		Masuk (T_1)	Keluar (T_2)	Masuk (t_1)	Keluar (t_2)
1	475	250	64	30	51
2	475	250	67	30	53
3	475	250	68	30	55
4	475	250	71	30	58

Kapasitas film plastik yang masuk konstan sebanyak 475 Kg/jam dengan suhu yang juga konstan sebesar 250 °C. Air pendingin yang masuk diatur dengan suhu yang konstan terjaga pada 30 °C. Ketika produk keluar maka terjadi penurunan suhu film plastik yang terukur berbeda-beda dan juga diikuti dengan peningkatan suhu air pendingin. Data-data ini kemudian diolah dan dianalisis menggunakan kalkulasi persamaan termodinamika. Semua suhu terukur dalam satuan Celcius dikonversi menjadi satuan Kelvin. Perhitungan pertama dilakukan untuk menentukan jumlah panas yang dilepas film plastik ke air pendingin (Q_1) yang diawali dengan menentukan kapasitas panas (C_p) film plastik dengan interpolasi menggunakan tabel *thermodynamics properties of polypropylene*. Perhitungan kedua dilakukan untuk menentukan jumlah kebutuhan air pendingin yang dibutuhkan

(W). Kapasitas air (C_p) dihitung dengan interpolasi menggunakan tabel *characteristic value of water*. Adapun hasil perhitungan ditabulasikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabulasi Data Proses Pendinginan Film Plastik

No	Laju Film Plastik (Kg/Jam)	Suhu		Kapasitas panas (C_p)		Q_1 (Kkal/jam)	W (L/jam)
		Film Plastik (°C)	Suhu Air Pendingin (°C)	Film Plastik (Kkal/kg K)	Air (Kkal/Kg °C)		
1	475	64	51	0,2204	0,999	19472,34	933,2178
2	475	67	53	0,2235	0,999	19427,7375	1000,0351
3	475	68	55	0,2245	0,999	19514,6625	1000,0879
4	475	71	58	0,2151	0,998	18288,8775	1000,1269
			\bar{x}			19175,90438	983,366925

Rata-rata jumlah panas yang dilepas oleh film plastik ke air pendingin sebesar 19175,90438 Kkal/jam dengan jumlah air pendingin yang dibutuhkan untuk mendinginkan film plastik sebesar 983,366925 L/jam. Sistem *Cooling Water* mampu menurunkan suhu film plastik luaran mencapai 71-75%. Jika dibandingkan dengan sistem *Cooling Tower* yang mampu menurunkan suhu pendingin primer mencapai 31% sehingga bisa digunakan kembali sebagai media pendingin evaporasi (Nurjana & Sitompul, 2016). Dari data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi panas yang dilepas ke air pendingin maka semakin banyak pula jumlah air pendingin yang dibutuhkan untuk mendinginkan film plastik. Penelitian mengenai penentuan kebutuhan *cooling tower* untuk merancang untai uji sistem kendali reaktor riset melaporkan bahwa dibutuhkan air sebanyak 172 L/jam untuk dapat menerima dan melepaskan kalor sebanyak 1,191 kW ke lingkungan (Awwaluddin et al., 2012).

D. SIMPULAN DAN SARAN

Ditinjau dari hasil dan analisis data penelitian maka dapat disimpulkan bahwa jumlah panas yang dilepas film plastik ke air pendingin rata-rata sebesar 19175, 90438 Kkal/Jam. Sementara itu, jumlah air pendingin yang digunakan untuk mendinginkan film plastik pada *water cooler* rata-rata sebesar 983,366925 L/jam. Semakin tinggi suhu bahan yang masuk untuk pendinginan maka semakin banyak air pendingin yang dibutuhkan untuk mendinginkan bahan tersebut. Adapun saran yang diusulkan adalah untuk mencapai kualitas produksi film plastik secara maksimal maka penting dilakukan perawatan bak pendingin air sehingga hasil yang diperoleh semakin akurat.

REFERENSI

Aboud, R. (2022). *Improving Cooling Tower Water and Energy Efficiencies based on a New Analytical Method* Rayan Aboud [Master, KTH Industrial Engineering and Management]. www.kth.se

- Awwaluddin, M., Santosa, P., & Suwardiyono. (2012). Perhitungan Kebutuhan Cooling Tower Pada Rancang Bangun Untai Uji Sistem Kendali Reaktor Riset. *PRIMA*, 9(1), 34–41.
- Busono, P., & Pujiarta, S. (2020). Analisa Kebutuhan Make Up Water Cooling Tower RSG-GAS Pada Daya 30 Mw Setelah Revitalisasi. *Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir Bulletin of Nuclear Reactor Management*, XVII(1), 38–44. <http://jurnal.batan.go.id/index/php/bprn>
- Butler, T. I., & Ealer, G. E. (2005). *Film extrusion manual : process, materials, properties*. TAPPI Press.
- Fransiscus, H., Tjandra, S. S., Pangestu, M., & Handranto, L. (2022). Perancangan Eksperimen Proses Ekstrusi Dengan Bahan Plastik Bekas Pakai. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 11(2), 157–166. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v11i2.5750.157-166>
- Gaur, U., & Wunderlich, B. (1981). Heat capacity and other thermodynamic properties of linear macromolecules. IV. Polypropylene. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, 10(4), 1051–1064. <https://doi.org/10.1063/1.555650>
- Giles, H. F., Wagner, J. R., & Mount, E. M. (2005). *Extrusion : the definitive processing guide and handbook*. William Andrew Pub.
- Groover, M. P. (2013). *Principles of Modern Manufacturing (5th ed.)*. John Wiley & Sons.
- Matijašević, L., & Dejanović, I. (2014). Analysis of Cooling Water Systems in a Petroleum Refinery. *Chem. Biochem. Eng. Q*, 28(4). <https://doi.org/10.15255/CABEQ.2013.1937>
- Nurjana, A., & Sitompul, J. (2016). Pengoperasian cooling water untuk penurunan temperatur media pendingin evaporator. Hasil Penelitian Dan Kegiatan Pusat Teknologi Limbah Radioaktif Tahun 2015.
- Rahmadhani, N., & Aji, Y. (2020). Penentuan Jumlah Panas dan Air Pendingin Pada Condensor di PLTU Tanjung Awar-Awar. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 2020(2), 328–333. <http://distilat.polinema.ac.id>
- Ridhuan, K., & J, I. G. A. (2014). Pengaruh Media Pendingin Air Pada Kondensor Terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin. *TURBO, Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(2), 1–6. <https://doi.org/10.24127/trb.v3i2.11>
- Saber, A., El-Nasr, M. A., & Elbanhaway, A. Y. (2022). Generalized formulae for water cooling requirements for the fire safety of hydrocarbon storage tank farms. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104916>
- Simatupang, D. F., Saragih, G., & Siahaan, M. (2021). Pengaruh Dosis Aluminium Sulfat Terhadap Kekeruhan dan Kadar Besi Air Baku pada IPA PDAM X. *REACTOR: Journal of Research on Chemistry and Engineering*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.52759/reactor.v2i1.13>
- Simatupang, D. F., Tarigan, R. K., & Ginting, S. R. (2021). Analisis Kebutuhan Steam pada Proses Penyeduhan Daun Teh di Unit Extract Tank PT. XYZ Tanjung Morawa. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 1(6), 229–234. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.51>
- Simatupang, D. F., Yudianto, & Sihalo, E. D. W. (2021). Analisa Kebutuhan Batu Bara pada Unit Dryer dalam Pengeringan Pupuk NPK di PT AGS Medan. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 4(1), 11–17. <https://doi.org/10.25273/cheesa.v4i1.7830.11-17>
- Syah, S. S., Sukma Drastiawati, N., & Taufan, H. (2018). Perhitungan Cooling Capacity Yang Dibutuhkan Pada Kapal Tanker 17500 LTDW. *Otopro*, 14(1), 6–12.
- Vynckier, A. K., Dierickx, L., Voorspoels, J., Gonnissen, Y., Remon, J. P., & Vervaet, C. (2014). Hot-melt co-extrusion: Requirements, challenges and opportunities for pharmaceutical applications. In *Journal of Pharmacy and Pharmacology (Vol. 66, Issue 2, pp. 167–179)*. <https://doi.org/10.1111/jphp.12091>
- Yang, B., Chen, C., Wang, Y. K., & Zhao, Z. L. (2019). Energy efficiency evaluation of cooling water system based on fuzzy comprehensive evaluation method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 504(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/504/1/012114>