Implementasi Sistem Pendinginan Distrik Berbasis Sistem Kendali Optimal sebagai Alternatif Sistem Pendinginan Berkelanjutan di Indonesia

Ihham Naharudinsyah

Delft University of Technology, Belanda

E-mail: sinalphabeta@yahoo.co.id

ABSTRAK

Sistem pendinginan distrik adalah sistem pendinginan berskala besar di mana air dingin atau media serupa didistribusikan ke bangunan-bangunan dalam suatu wilayah melalui suatu jaringan pipa (Werner, 2013). Berbeda dengan sistem pendinginan konvensional di mana tiap bangunan memiliki sistem pendinginan terpusat sendiri-sendiri, sistem pendinginan distrik memungkinkan proses pendinginan beberapa bangunan dilakukan secara kolektif.

Proses pendinginan kolektif beberapa bangunan memiliki beberapa keuntungan. Pertama, proses pendinginan kolektif memungkinkan dilakukannya redistribusi beban pendinginan antara bangunan-bangunan yang memiliki penggunaan berbeda, semisal kantor dan tempat tinggal. Ilustrasi hubungan antara redistribusi beban pendinginan tiap jam dan potensi penghematan dapat dilihat pada Tabel 1. Kedua, proses pendinginan tersentralisasi memungkinkan sumber-sumber energi pendinginan alternatif yang terbarukan dapat dimanfaatkan. Beberapa contoh sumber energi pendinginan alternatif yang dapat dimanfaatkan pada sistem pendinginan distrik, antara lain energi air permukaan dan geothermal (Inayat C Raza, 2019). Sumber-sumber energi terbarukan tersebut sulit dimanfaatkan dikarenakan kapasitas pendinginan yang terbatas dibanding sumber energi konvensional. Terakhir, sistem pendinginan kolektif dapat mengurangi jumlah pendingin di tiap bangunan sehingga dapat mengurangi kebutuhan ruang dan beban perawatan alat yang ditanggung oleh pengelola bangunan.

Tabel 1 Simulasi perbandingan sistem pendinginan berbasis pendingin individual terhadap pendinginan distrik. Sistem pendinginan individual membutuhkan pendingin berkapasitas sebesar 6,300 TR. Nilai ini lebih besar 20.19% dibandingkan beban puncak kolektif yang terjadi pada pukul 18:00. Pada sistem pendinginan individual, kelebihan kapasitas pendinginan ini tidak dapat dipindahkan ke bangunan lain.

Bangunan	0G:00 (TR)	12:00 (TR)	15:00 (TR)	18:00 (TR)	21:00 (TR)	Beban Puncak (TR)	Jumlah Chiller/ bangunan (Unit)
A	825	900	850	800	300	900	2 x 450 TR
B	760	800	900	900	1,200	1,200	3 x 400 TR
C	950	1,000	1,350	1,050	500	1,350	3 x 450 TR
D	800	900	900	1,050	300	1,050	2 x 525 TR
E	1,100	1,050	1,200	1,450	1,800	1,800	4 x 450 TR
TOTAL	4,435	4,650	5,200	5,250	4,100	6,300	14 unit

Di kawasan ASEAN, sistem pendingin distrik telah dimanfaatkan di 4 negara, antara lain Malaysia, Singapura, Filipina, dan, Thailand. Di Indonesia, sistem pendinginan distrik sekurang-kurangnya telah dibangun di 2 lokasi, antara lain Kawasan Kantor Kepresidenan IKN dan Thamrin Nine (Nursalim, 2023), Jakarta. Selain dua lokasi di atas, sistem pendingin distrik juga tengah dibangun di Kawasan Komersial Correctio di daerah Cikarang (Nawawi, 2022).

Namun demikian, pemanfaatan sistem pendinginan distrik di Indonesia belum sepenuhnya optimal. Hal ini dikarenakan sumber energi yang digunakan masih terbatas pada sumber energi konvensional, yaitu pendingin penyerapan. Dengan demikian, sistem pendinginan distrik di Indonesia belum dapat dikategorikan berkelanjutan. Dalam rangka mewujudkan suatu sistem pendingin distrik yang berkelanjutan, dibutuhkan dua komponen esensial, yaitu sistem penyimpanan energi dan sistem kendali

optimal. Sistem kendali optimal memungkinkan proses pendinginan kolektif dilakukan dengan biaya semurah mungkin, namun dengan tetap memperhatikan tingkat emisi CO₂, serta keterbatasan-keterbatasan pada sumber-sumber energi terbarukan. Selain itu, sistem kendali optimal juga merupakan komponen penting untuk mengoperasikan sistem penyimpanan energi thermal. Penelitian ini mengkaji potensi penurunan biaya dan emisi CO₂ melalui pemanfaatan sistem kendali optimal yang disebut sistem kendali prediktif berbasis model (Model Predictive Control/MPC) (Rawling et al., 2017) untuk mengendalikan proses pendinginan dan proses penyimpanan energi pada sistem penyimpanan energi.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut: (1) Pemodelan sistem pendinginan distrik dengan menggunakan perangkat lunak Simulink atau Modelica, (2) Pemodelan sumber energi dengan menggunakan perangkat lunak Simulink, (3) Implementasi algoritma MPC dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB, (4) Integrasi model sistem pendinginan distrik, sumber energi, dan algoritma MPC, (5) Analisis tekno-ekonomi terkait potensi penghematan dan penurunan emisi CO₂ pada sistem yang dikaji.

Melalui pemanfaatan sistem MPC, sistem pendinginan distrik dapat semaksimal mungkin memanfaatkan sumber-sumber energi terbarukan dengan kapasitas pendinginan yang lebih rendah. Dengan demikian, diharapkan biaya operasional sistem pendingin maupun emisi karbon dapat diturunkan.

Penelitian ini memiliki beberapa kontribusi. Pertama, penelitian ini memberikan perspektif baru tentang pemanfaatan MPC untuk mengeksplorasi sumber energi terbarukan pada sistem pendingin distrik. Hingga saat ini, mayoritas literatur tefokus pada pemanfaatan MPC untuk sistem pemanas distrik. Dikarenakan perbedaan sumber energi, pemodelan dan implementasi akan menjadi baru dan berbeda. Kedua, dikarenakan pemanfaatan sistem pendingin distrik di Indonesia tergolong baru, literatur tentang sistem pendingin distrik masih sedikit. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi referensi penting bagi para pemangku kepentingan di Indonesia, seperti pemerintah dan pengembang, dalam mengembangkan sistem pendingin distrik berbasis energi terbarukan.

Kata kunci: *energi terbarukan, sistem kendali optimal, sistem kendali prediktif, sistem pendinginan distrik, sistem penyimpanan energi.*