

Perancangan Jaringan Penukar Panas Sederhana untuk *Personal Computer* (PC)

Ari Hidayat, Hari Rionaldo*, Zulfansyah

Laboratorium Pengendalian dan Perancangan Proses
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Riau

*E-mail: hari.rionaldo@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Most energy consumption in the chemical industry is used for temperature change operations. Heat integration method is used to increase energy efficiency on process streams and reducing utility requirement in the production process by installing Heat Exchanger Network (HEN). Design of HEN can be done by software assistance or often called tools for speed up the design time. Therefore software that can be obtained for free and can be developed openly is needed. Program for HEN design is created by Python programming language and applying computational algorithm Maximum Energy Recovery (MER) target calculation using interval-temperature (IT) method and network design using pinch method. The program will be displayed by Graphical User Interface (GUI) using PyQt library on Python.

Keyword: *heat integration, HEN, software, Python, PyQt*

1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi terbesar di proses industri kimia digunakan untuk operasi perubahan temperatur berupa proses pemanasan atau proses pendinginan dengan bantuan alat *heat exchanger* (HE). Untuk meminimalisir penggunaan utilitas berupa *steam* dan air pendingin, perlu penerapan metode *heat integration* pada proses produksi. Metode ini diaplikasikan dengan pemasangan *Heat Exchanger Network* (HEN) pada aliran proses. HEN dirancang dengan menghitung *maximum energy recovery* (MER) yang data keluarannya digunakan untuk merancang jaringan (*network design*).

HEN yang dirancang dengan menggunakan program dapat membantu mempersingkat waktu perancangan. Dimana, program perancangan HEN dibuat dengan mengimplementasikan metode perhitungan target MER dan *network design* kedalam bahasa

pemrograman yang digunakan. Saat ini program untuk perancangan HEN sulit didapat, karena umumnya program tersebut dijual dengan menggunakan lisensi yang cukup mahal. Sehingga, dibutuhkan suatu program untuk perancangan HEN yang dapat diperoleh secara bebas dan dapat dikembangkan secara bersama sebagai sebuah program yang bersifat pembelajaran.

Program perancangan HEN dibuat dengan algoritma komputasi perhitungan target MER menggunakan metode interval temperatur dan *network design* dengan metode *pinch* yang diimplementasikan kedalam bahasa pemrograman *Python*. *Python* adalah bahasa pemrograman yang lebih sederhana dari bahasa pemrograman *open source* lainnya dan banyak digunakan pada pengembangan perangkat lunak untuk aplikasi sains dan *engineering*. Hasil program yang dibuat diunggah kedalam

situs *GitHub* bersama kode sumbernya agar dapat digunakan dan dikembangkan oleh pengguna lainnya.

2. METODOLOGI

2.1. Alat yang digunakan

Alat yang digunakan pada program perancangan *Heat Exchanger Network* (HEN) ini adalah seperangkat *desktop* (komputer) dengan sistem operasi *windows 10*, perangkat lunak *JetBrain PyCharm*, *Python*, *PyQt*, dan *PyInstaller*.

2.2. Algoritma Komputasi Program Perancangan HEN

Perancangan *Heat Exchanger Network* (HEN) dimulai dari perhitungan *Maximum Energy Recovery* (MER) untuk menentukan *minimum utility target* hingga perancangan jaringan (*network design*). Perhitungan target MER dilakukan untuk memperoleh data nilai *pinch* dan nilai utilitas minimum pemanas dan pendingin. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk *network design* sebagai data masukannya.

Perhitungan target MER dengan metode interval temperatur dimulai dari membuat algoritma komputasi *input data* berupa data aliran seperti nama aliran, temperatur sumber (T^s), temperatur target (T^t), kapasitas panas aliran (C), dan nilai ΔT_{min} . Data tersebut disesuaikan dengan mengurangi masing-masing nilai temperatur pada aliran panas dengan ΔT_{min} dan kemudian data temperatur tersebut diurutkan dari nilai terbesar. Perhitungan dilanjutkan ke perhitungan *problem table* untuk memperoleh nilai beda entalpi (ΔH_i) setiap interval temperatur [Seider, et al., 2017].

Nilai ΔH_i dari perhitungan *problem table* digunakan selanjutnya ke perhitungan *cascade diagram*. Perhitungan

cascade diagram dilakukan untuk menentukan nilai utilitas panas minimum (Q_H^{min}), utilitas dingin minimum (Q_C^{min}) dan nilai temperatur *pinch* (T_{pinch}). Data yang diperlukan pada perhitungan ini adalah data $T_{sort\ i}$ dan ΔH_i . Perhitungan dimulai dengan menghitung energi antar interval i yang dihitung dengan menjumlahkan energi awal dengan nilai ΔH_i secara berurutan. Pada perhitungan energi awal, nilai energi awal diasumsikan tidak ada ($Q = 0$). Jika energi yang dihitung pada perhitungan energi awal antar interval i bernilai ≥ 0 , maka perhitungan *cascade diagram* selesai dan dilanjutkan ke *network design*. Jika energi bernilai < 0 , maka dilakukan perhitungan energi akhir antar interval i dengan energi awal diperoleh dari nilai energi terkecil pada perhitungan energi awal antar interval i dengan nilai positif. Sehingga diperoleh nilai Q_H^{min} (energi awal), Q_C^{min} (energi akhir), dan T_{pinch} (temperatur pada energi terkecil) sebagai hasil akhir perhitungan target MER [Seider, et al., 2017].

Hasil perhitungan target MER digunakan untuk *network design*. *Network design* merupakan langkah akhir dari perancangan HEN. Metode yang digunakan pada *network design* pada pembuatan program ini adalah metode *pinch* [Linhoff dan Hindmars, 1983]. Sebelum melakukan *network design*, nilai temperatur *pinch* (T_{pinch}) untuk aliran panas dinaikkan sebesar ΔT_{min} . Seluruh aliran yang terlibat pada perancangan dibagi atau dipisahkan menjadi dua sisi pada temperatur *pinch* (T_{pinch}) menjadi sisi panas (*hot side*) dan sisi dingin (*cold side*). Sisi panas (*hot side*) adalah aliran yang memiliki temperatur yang lebih tinggi dari pada T_{pinch} . Sisi dingin (*cold side*) adalah

aliran yang memiliki temperatur yang lebih rendah dari pada T_{pinch} . Energi panas (Q) setiap aliran pada tiap sisi dihitung dengan mengalikan kapasitas panas aliran (C) dengan perbedaan temperatur (ΔT) antara temperatur pinch (T_{pinch}) dengan temperatur pada ujung aliran (T_s atau T_l).

2.3. Perancangan *Graphical User Interface* (GUI)

Algoritma komputasi perhitungan *target MER* dan *network design* digunakan untuk memproses data masukkan menghasilkan data keluaran. Untuk membuat suatu paket program dibutuhkan perancangan sebuah GUI agar program dapat diakses secara antar muka atau langsung tanpa harus mengedit kode perhitungan. GUI dibuat sebagai media *input* dan *output data* pada perancangan HEN dengan mengimpor data-data yang dibutuhkan pada *script*.

GUI program yang sudah dirancang dijalankan dan diuji terlebih dahulu sebelum dibentuk menjadi suatu paket program (aplikasi). Paket program dibentuk dengan menggunakan *PyInstaller* menjadi suatu *file* eksekusi agar dapat dijalankan tanpa menggunakan *Python*. Dari *script file* GUI yang ditempatkan bersama *script file* perhitungan program dibuat menjadi satu aplikasi tunggal. Paket program yang dijalankan akan memiliki tampilan yang sama seperti menjalankan GUI dari *Python*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Algoritma komputasi program perancangan HEN dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman *Python*. Algoritma komputasi program terdiri dari perhitungan MER target dan *network design*, yang kemudian

dihubungkan kedalam algoritma komputasi *Graphical User Interface* (GUI) sehingga dapat digunakan secara antarmuka oleh pengguna program. Tampilan GUI program yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 1.

Program yang dihasilkan diuji dengan membandingkan hasil dari program dengan hasil dari perhitungan manual dari beberapa kasus untuk perancangan HEN. Salah satu kasus yang dapat digunakan adalah *case study* yang terdapat dari buku Seider, et al. [2009] dengan hasil yang telah ditentukan.

Case Study

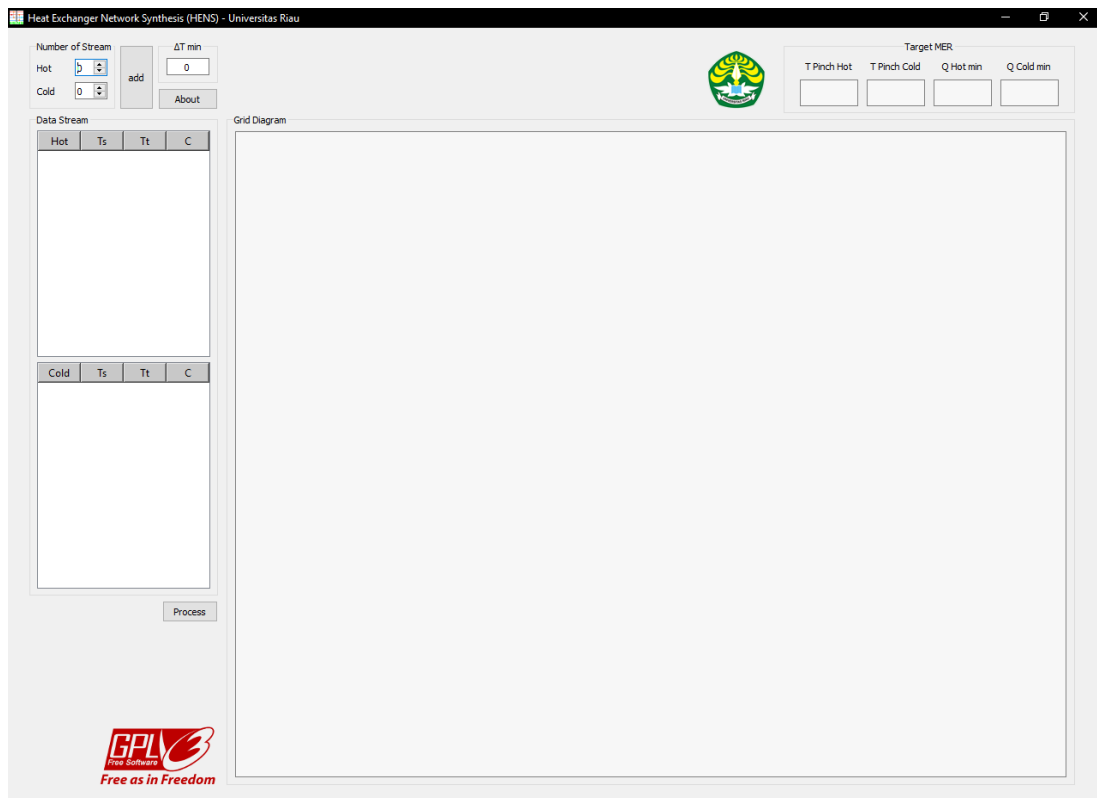
Desain jaringan penukar panas untuk MER, dengan paling banyak 15 penukar panas (termasuk utilitas pemanas) dan $\Delta T_{min} = 10$ °C, dengan data aliran pada tabel 1. Target MER terpenuhi ketika nilai $T_{pinch Hot} = 140$ °C, dengan $Q_{Hmin} = 760$ kW dan $Q_{Cmin} = 960$ kW.

Data aliran pada tabel 4.1 dan nilai ΔT_{min} diinput kedalam GUI program yang dijalankan. Data yang sudah dimasukkan kedalam program, program dijalankan dengan menekan tombol *Process* sehingga diperoleh hasil output data seperti pada gambar 2.

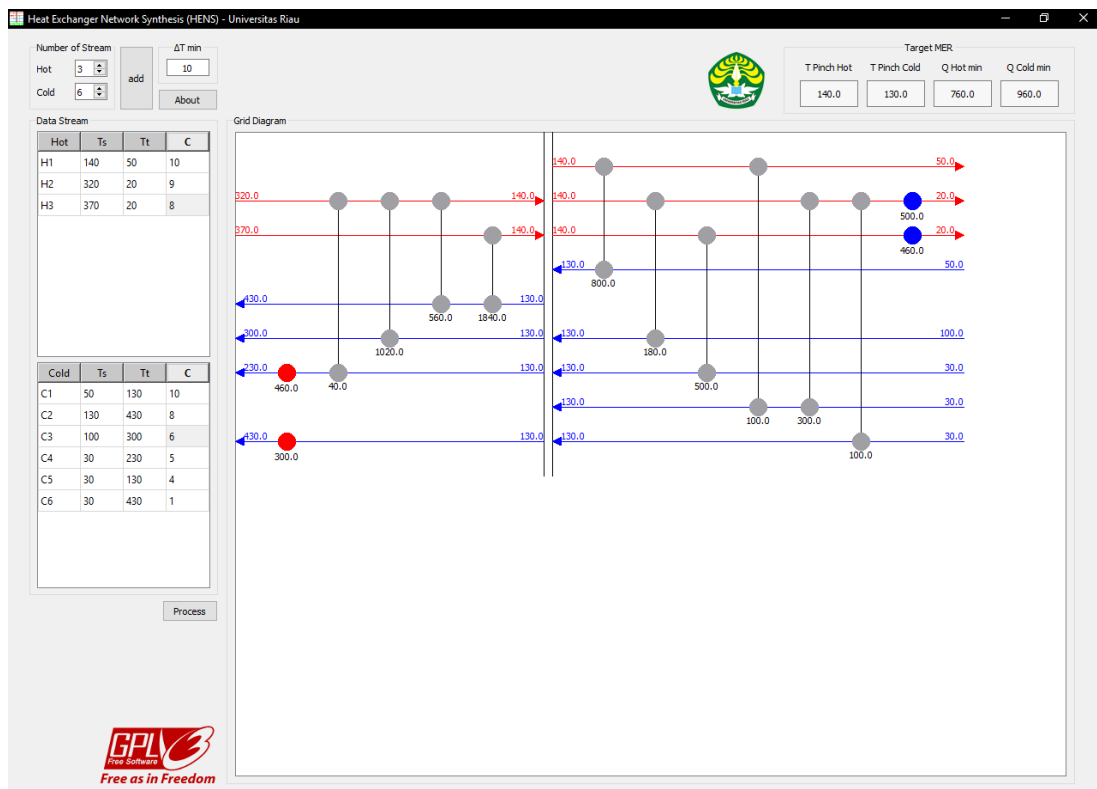
Tabel 1. Data Aliran

Aliran	T^s (°C)	T^l (°C)	C [kW/°C]
H1	140	50	10
H2	320	20	9
H3	370	20	8
C1	50	130	10
C2	130	430	8
C3	100	300	6
C4	30	230	5
C5	30	130	4
C6	30	430	1

Sumber: Seider, et al. [2009]



Gambar 1. Tampilan GUI Program Perancangan HEN



Gambar 2. Hasil Perancangan HEN dari case study

Dari gambar 2, *output data* yang diinginkan dari *case study* terpenuhi, sehingga program perancangan HEN ini berfungsi dengan *valid* dan dapat digunakan sebagai program perancangan HEN.

4. KESIMPULAN

Program perancangan *Heat Exchanger Network* (HEN) dibuat dengan algoritma komputasi data aliran, data *stream matching*, perhitungan target *Maximum Energy Recovery* (MER) dan *network design*, serta algoritma komputasi *Graphical User Interface* (GUI) untuk mengakses program perancangan HEN. *Script file* program perancangan HEN dibentuk menjadi paket program dengan menggunakan *PyInstaller* dan diunggah pada situs *GitHub*.

DAFTAR PUSTAKA

- Harwani, B. M. 2018. *Qt5 Python GUI Programming Cookbook*. Birmingham (UK): Packt Publishing.
- Heys, J. J. 2017. *Chemical and Biomedical Engineering Calculations Using Python*. Hoboken (USA): John Wiley & Sons.
- Linnhoff, B., dan Flower, J. R. 1978. Synthesis of Heat Exchanger Networks: I. Systematic Generation of Energy Optimal Networks. *AIChE J.* 24:633.
- Linnhoff, B., dan Flower, J. R. 1978. Synthesis of Heat Exchanger Networks: II. Evolutionary Generation of Network with Various Criteria of Optimality. *AIChE J.* 24: 642.
- Linnhoff, B., dan Hindmarsh, E. 1983. The Pinch Design Method for Heat Exchanger Networks. *Chemical Engineering Science.* 38(5): 745-763.
- Seider, W. D., Seader, J. D., Lewin, D. R., Widagdo, S. 2009. *Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis, and Evaluation 3rd Edition*. New York (USA): John Wiley & Sons.
- Seider, W. D., Lewin, D. R., Seader, J. D., Widagdo, S., Gani, R., Ng, K. M. 2017. *Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis, and Evaluation 4th Edition*. New York (USA): John Wiley & Sons.