

OPTIMALISASI MESIN PENCUCI BOTOL 5 GALLON UNTUK PRODUKSI BOTOL PET, DALAM UPAYA PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK PADA PT. TIRTA INVESTAMA PABRIK MAMBAL

Putu Oka Sutrisna¹, Agus Sugianto, Gusti Suryawan², Gede Arimbawa³,
I Gusti Ngurah Adia Atmika⁴

¹²³Jurusan Teknik Elektro, ⁴Jurusan Teknik Lingkungan
Universitas Udayana, Universitas Pembangunan Nasional

E-mail: iputu.sutrisna@danone.com, Gusti.Atmika@danone.com

ABSTRAK

Botol PET (*Polietilena Tereftaloyt*) memiliki *Softening point* lebih rendah yaitu 140°C dibandingkan dengan botol PC (*Polycarbonate*) yaitu 200 °C, maka diperlukan pengontrolan suhu pencucian botol yang lebih rendah dan lebih stabil. Kontrol *Proportional, Integral, Derivative (PID)* adalah sistem pengendali yang umum digunakan di industri dengan respons waktu yang cepat dan lebih stabil dari *hysteresis*. Inisiatif penghematan energi dengan cara mengurangi lekukan perpipaan juga dapat dilakukan. Kelebihan jumlah lekukan perpipaan akan mengakibatkan menurunnya tekanan air penyemprotan pada ujung *nozzle*, kondisi ini memaksa penggunaan daya pompa yang lebih besar untuk mendapatkan besaran tekanan yang sesuai dengan parameter pencucian. Masa air juga berpengaruh besar terhadap kebutuhan energi untuk pemanasan di tangki mesin pencuci botol. Semakin banyak masa air, maka semakin besar pula energi listrik yang dibutuhkan untuk mencapai suhu acuan. Penelitian ini dilakukan pada mesin pencuci botol 5 gallon, dengan mencatat parameter-parameter *washer*, terutama suhu dan konsumsi energi listrik harian. Dari hasil penelitian didapat penurunan deviasi suhu dari 6° *celsius* menjadi 1 °C. Indeks rata-rata konsumsi energi listrik sebelum inisiatif adalah 112,63 kwh/kbtl (*kilowatt hours/killo bottles*) sedangkan indeks konsumsi energi rata-rata setelah inisiatif adalah 87,09 kwh/kbtl.

Kata Kunci : *Optimalisasi, Produksi, Penghematan, Energi, Listrik*

ABSTRACT

PET (Polyethylene Tereftaloyt) bottles have a lower softening point of 140 °C compared to PC (Polycarbonate) bottles, which are 200°C, so it is necessary to control the bottle washing temperature which is lower and more stable. Proportional, Integral, Derivative (PID) Control is a control system commonly used in industry with a fast response time and is more stable than hysteresis. Energy saving initiatives by reducing piping indentation can also be undertaken. The excess number of piping grooves will result in a decrease in the pressure of spraying water at the nozzle tip, this condition forces the use of a larger pump power to obtain a pressure value that is in accordance with the washing parameters. The water mass also has a big effect on the energy requirements for heating in the bottle washer tank. The more mass of water, the greater the electrical energy needed to reach the reference temperature. This research was conducted on a 5 gallon bottle washer, by recording the washer parameters, especially temperature and daily electrical energy consumption. From the research results, it was found that the temperature deviation decreased from 6 °C to 1 °C. The average energy consumption index before the initiative was 112.63 kwh/kbtl

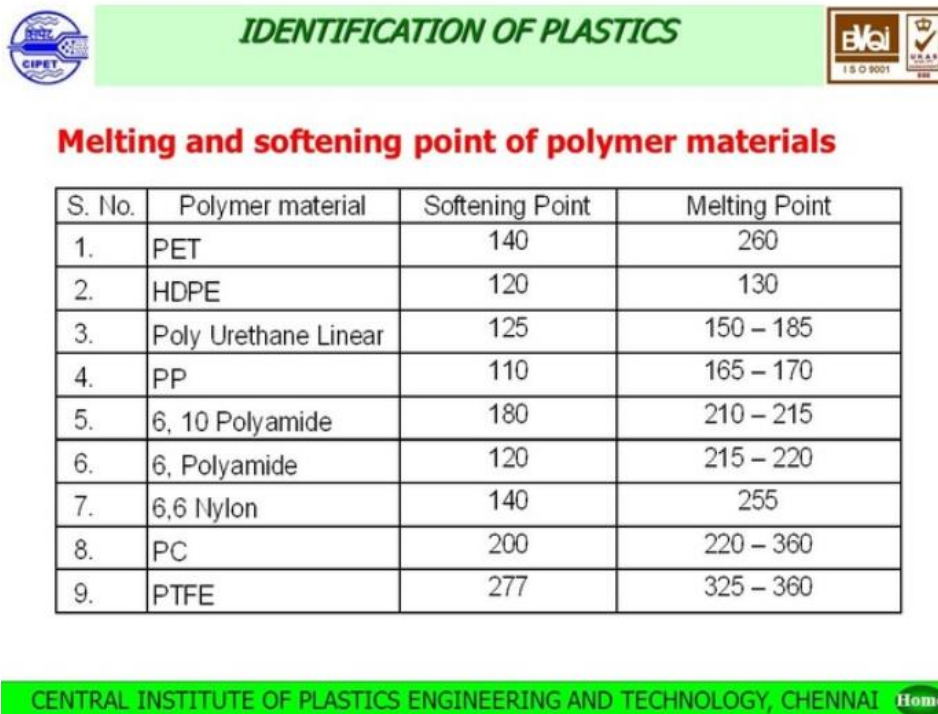
(kilowatt hours / killo bottles) while the average energy consumption index after the initiative was 87.09 kwh / kbtl.

Keywords: Optimization, Production, Savings, Energy, Electricity

PENDAHULUAN

Botol PET (*Polietilena tereftalat*) adalah botol yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan botol PC (*Polycarbonate*), dikarenakan botol PET lebih mudah dalam proses daur ulang. Oleh karena *softening point* PET lebih rendah yaitu 140° Celsius dibandingkan dengan botol PC yaitu 200° Celsius, maka diperlukan pengontrolan suhu pencucian

botol yang lebih rendah dan lebih stabil. Untuk mengakomodir kebutuhan tersebut PT Investama Pabrik Mambal melakukan inovasi pengontrolan suhu dengan meminimalisasi suhu lonjakan akibat sistem kontrol yang kurang akurat dan sirkulasi aliran air yang tidak stabil. Tabel Softening point disajikan dalam Gambar 1 (satuan derajat celcius)



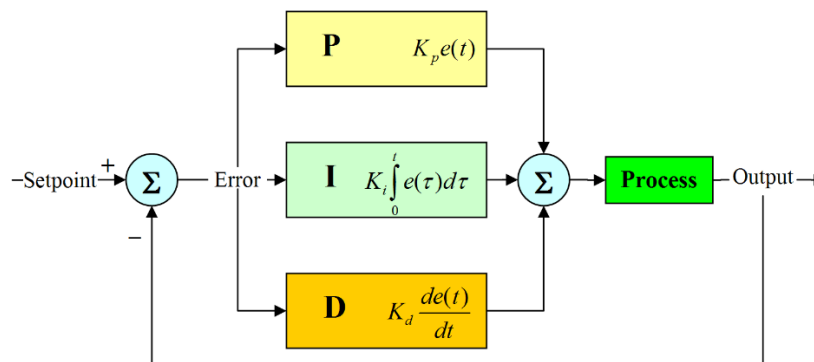
Gambar 1. Melting and Softening point of polymer materials. (quora.com).

Pada kondisi awal suhu hanya dikontrol pada tangki mesin pencuci botol sedangkan pada sistem pemanas di perpipaan (*Apollo heater*) tidak dikontrol, sehingga menimbulkan panas yang

berlebih pada aliran pipa yang sebenarnya tidak diperlukan. Akurasi dan *delay time* tipe pengontrolan suhu hysteresis lebih lama, sehingga lonjakan suhu baru akan terbaca setelah suhu melonjak 0,5 menit..

Kontrol *Proportional, Integral, Derivative (PID)* adalah sistem pengendali yang umum digunakan di industri dengan respons waktu yang cepat dan lebih stabil dari hysteresis dalam mengunci suhu pantauan. Sekitar 90% dari peralatan industri menggunakan pengendali PID karena mudah digunakan dan paling sederhana. Gambar 2

menunjukkan blok diagram kontrol PID yang umum digunakan di industri. Kontrol *Proportional (P), Integral (I), dan Derivatif (D)* dapat digunakan bersamaan secara paralel ataupun digunakan terpisah dengan tidak menggunakan salah satu komponen *P, I* atau *D*. (Rosa 2019).



Gambar 2. Blok Diagram PID Controller.

Dari gambar didapat persamaan nilai keluaran dari kontrol PID, dirumuskan sebagai:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

Berdasarkan persamaan diatas semuanya positif, menandakan koefisien untuk term *proportional, integral, dan derivatif*, secara berurutan (atau *P, I, dan D*).

1. *P (Proportional)* bertanggung jawab untuk nilai kesalahan saat ini. Contohnya, jika nilai kesalahan besar dan positif, maka keluaran kontrol juga besar dan positif.
2. *I (Integral)* bertanggung jawab untuk nilai kesalahan sebelumnya. Contoh, jika keluaran saat ini kurang besar, maka kesalahan akan terakumulasi terus menerus, dan kontroler akan merespon dengan keluaran lebih tinggi.

3. *D (Derivative)* bertanggung jawab untuk kemungkinan nilai kesalahan mendatang, berdasarkan pada rata-rata perubahan tiap waktu.

Karena kontroler *PID* hanya mengandalkan variabel proses terukur, bukan pengetahuan mengenai prosesnya, maka *PID* dapat digunakan secara luas. Dengan penyesuaian (*tuning*) ketiga parameter model, kontroler *PID* dapat memenuhi kebutuhan proses. Respon kontroler dapat dijelaskan dengan bagaimana responnya terhadap kesalahan, besarnya *overshoot* dari *setpoint*, dan derajat osilasi sistem. Beberapa aplikasi mungkin hanya menggunakan satu atau dua term untuk memberikan kontrol

sistem yang sesuai. Hal ini dapat dicapai dengan mengontrol parameter yang lain menjadi nol. Kontroler *PID* dapat menjadi kontroler *PI*, *PD*, *P* atau *I* tergantung aksi apa yang digunakan. Kontroler *PI* biasanya adalah kontroler paling umum.

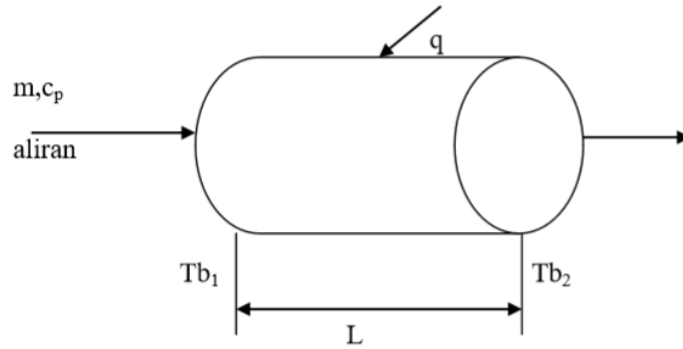
Pada bagian aliran perpipaan juga dapat dilakukan inisiatif penghematan energi dengan cara mengurangi lekukan perpipaan. Banyaknya jumlah lekukan perpipaan akan mengakibatkan menurunnya tekanan air penyemprotan pada ujung *nozzle*, kondisi ini memaksa penggunaan daya pompa yang lebih besar untuk mendapatkan besaran tekanan yang sesuai dengan parameter kualitas pencucian.

Masa air juga berpengaruh besar terhadap kebutuhan energi untuk pemanasan di tangki mesin pencuci botol. Semakin banyak masa air, maka semakin besar pula energi listrik yang dibutuhkan untuk mencapai suhu acuan.

Bila ada fluida yang bergerak terhadap suatu permukaan, dan kedua suhunya tidak sama, maka akan terjadi mekanisme perpindahan panas secara konveksi. Semakin cepat gerakan fluida tersebut, maka semakin besar laju perpindahan panas konveksinya. Bila fluida tidak bergerak, maka mekanisme perpindahan panas akan menjadi mekanisme perpindahan konduksi

kembali. Karena konveksi terjadi akibat adanya gerakan fluida, maka dikenal istilah konveksi alami dan konveksi paksa. Konveksi alami (konveksi bebas) terjadi karena fluida bergerak secara alamiah dimana pergerakan fluida tersebut lebih disebabkan oleh perbedaan massa jenis fluida akibat adanya variasi suhu pada fluida tersebut. Logikanya, kalau suhu fluida tinggi, tentunya dia akan menjadi lebih ringan dan mulai bergerak keatas. (Supardi 2011).

Konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan/aliran/pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Contohnya adalah kehilangan panas dari radiator mobil, pendinginan dari secangkir kopi dll. Menurut cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (*natural convection*). Bila gerakan fluida disebabkan oleh gaya pemaksa / eksitasi dari luar, misalkan dengan pompa atau kipas yang menggerakkan fluida sehingga fluida mengalir di atas permukaan, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (*forced convection*).



Gambar 3. Perpindahan panas konveksi (J.P.Holman, hal.: 252).

Proses pemanasan atau pendinginan fluida yang mengalir didalam saluran tertutup seperti pada gambar 3 merupakan contoh proses

perpindahan panas. Laju perpindahan panas pada beda suhu tertentu dapat dihitung dengan persamaan:

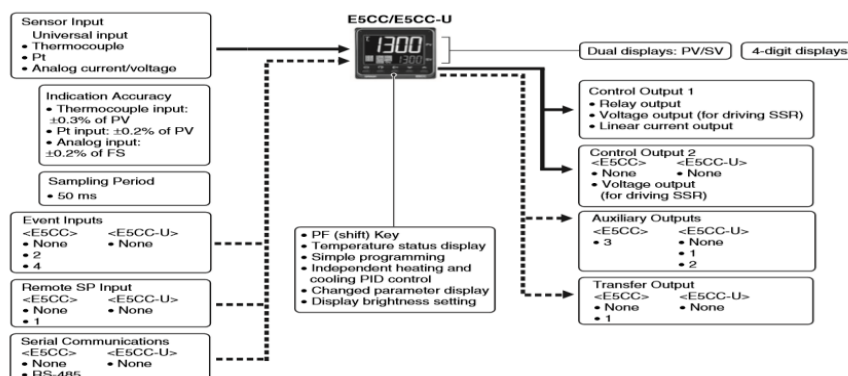
$$q = -hA(T_w - T_\infty) \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- Q = Laju Perpindahan Panas (kj/det atau W)
 - h = Koefisien perpindahan Panas Konveksi (W /m². °C)
 - A = Luas Bidang Permukaan Perpindahan Panas (ft² , m²)
 - T_w = Temperature Dinding (°C , K) = Temperature Sekeliling (°C , K)
- Tanda minus (-) digunakan untuk memenuhi hukum II termodinamika, sedangkan panas yang dipindahkan selalu

mempunyai tanda positif (+). (J.P.Holman, hal.: 11).

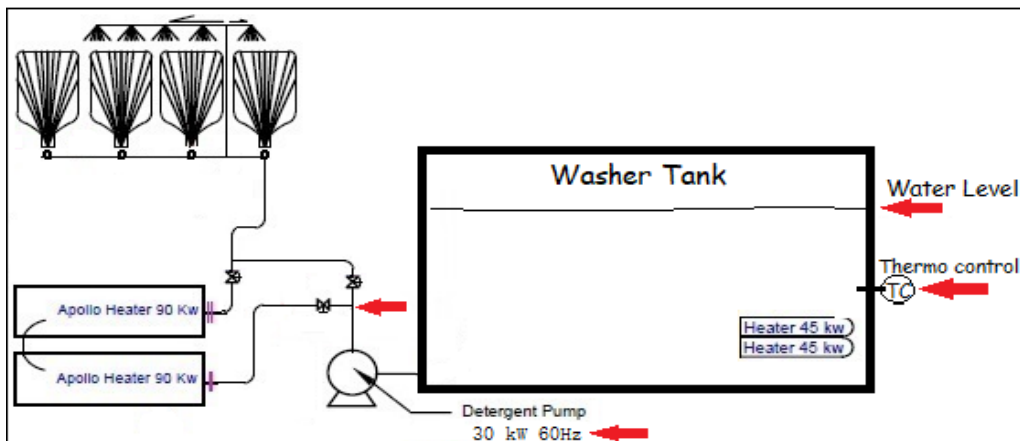
Temperature controller adalah control otomatisasi yang dapat berfungsi dengan memanfaatkan bantuan berbagai macam sensor sebagai input, seperti sensor gerak, sensor suhu, sensor kecepatan dan masih banyak lagi. Dalam penelitian ini Temperature controller menggunakan jenis Omron E5CC sebagai pengendali suhu, dimana E5CC ini sudah dilengkapi dengan PID control. Gambar 4 menunjukkan skema Input dan Output yang dapat digunakan pada E5CC.



Gambar 4. Skema Input dan Output E5CC.

Dengan menurunkan luas bidang permukaan panas, maka akan dapat menurunkan laju konveksi. Single line

diagram Tangki Pencuci Botol *Existing* disajikan pada gambar 5.

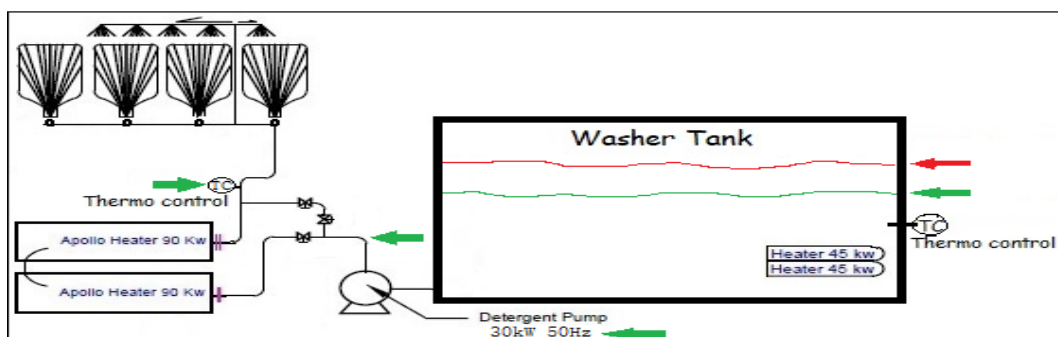


Gambar 5. SLD Tangki Pencuci Botol *Existing*.

Dari kondisi di atas maka dapat dilakukan inisiatif penghematan energi dengan tiga inovasi mekanisme penghematan :

1. Menambahkan Thermocontrol dengan tingkat presisi yang tinggi dan lead time reading yang cepat pada out Apollo heater untuk menjaga kestabilan pemanasan, dalam hal ini menggunakan PID controller.
2. Perubahan lekukan pipa untuk mengurangi rugi-rugi aliran air sehingga dapat menurunkan pasokan daya pompa.
3. Menurunkan batas ketinggian air di tangki pencucian botol untuk mengurangi luas bidang permukaan perpindahan panas.

Mekanisme penghematan energi pada mesin pencucian botol 5 gallon diatas dapat dilihat pada *Single Line Diagram* (SLD) Gambar 6.



Gambar 6. SLD Tangki Pencuci Botol Setelah dengan Inisiatif Penghematan

Penelitian ini dilakukan pada minggu ke-2 bulan November 2019, pada mesin pencuci botol 5 gallon di PT. Tirta Investama lokasi Pabrik Mambal, Desa

Mambal, Kecamatan Abiansemal, Kabupaten Badung, Provinsi Bali.

METODE PENELITIAN

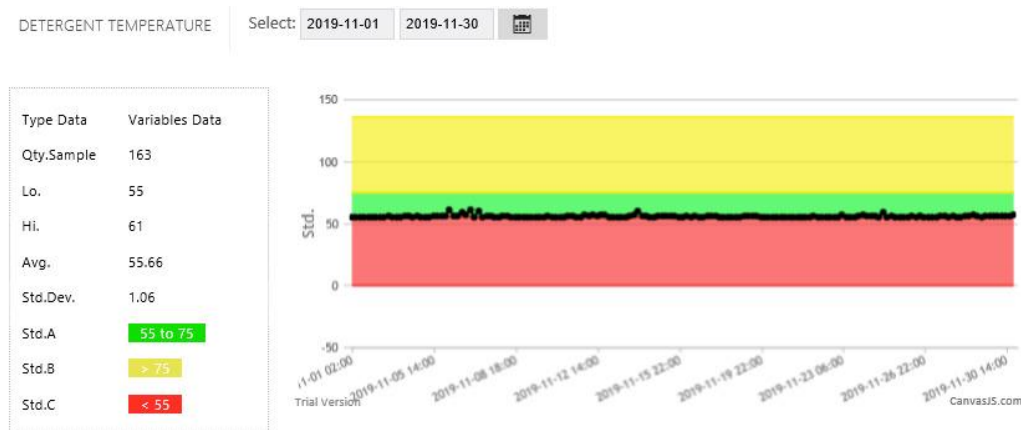
Penelitian ini dilakukan pada mesin pencuci botol 5 gallon di PT. Tirta Investama Lokasi Pabrik Mambal, Desa Mambal, Kecamatan Abiansemal, Kabupaten Badung, Provinsi Bali, mulai bulan Oktober 2019 sampai dengan bulan Desember 2019, dengan mencatat parameter-parameter *washer*, terutama suhu dan konsumsi energi listrik harian.

Project system controller, perubahan lekukan pipa dan penurunan permukaan air dilakukan minggu ke-2 bulan november 2019. Dilakukan analisa perbandingan, dengan membandingkan data suhu dan konsumsi energi harian sebelum dan sesudah *project* dilakukan, kemudian diambil kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dashboard monitoring quality pada gambar 7, menunjukkan deviasi pada bulan oktober adalah 6°C dengan suhu

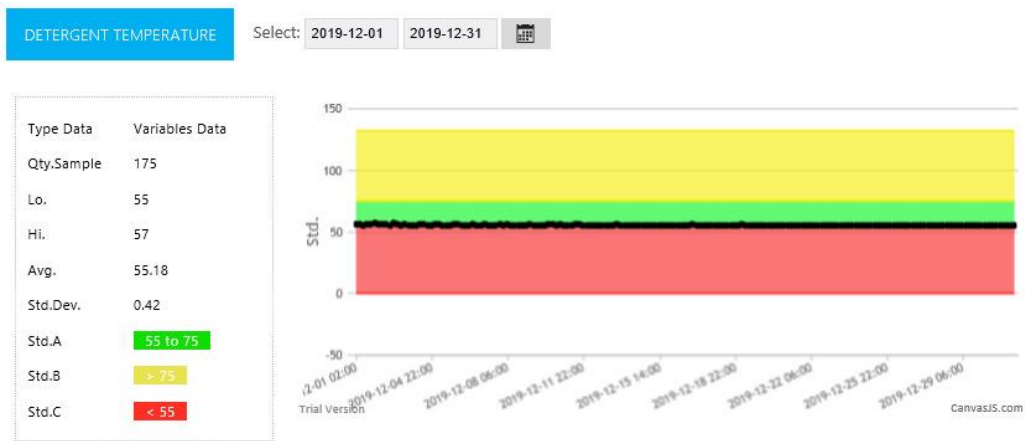
paling rendah 55°C dan suhu tertinggi mencapai 61°C Dari 163 data didapatkan standar deviasi 1,06°C.



Gambar 7. Monitoring suhu Washer bulan Oktober 2019

Dashboard monitoring quality pada gambar 8, menunjukkan deviasi pada bulan november adalah 2°C, dengan suhu paling rendah 55°C dan suhu tertinggi mencapai 57°C. Berdasarkan 175 data

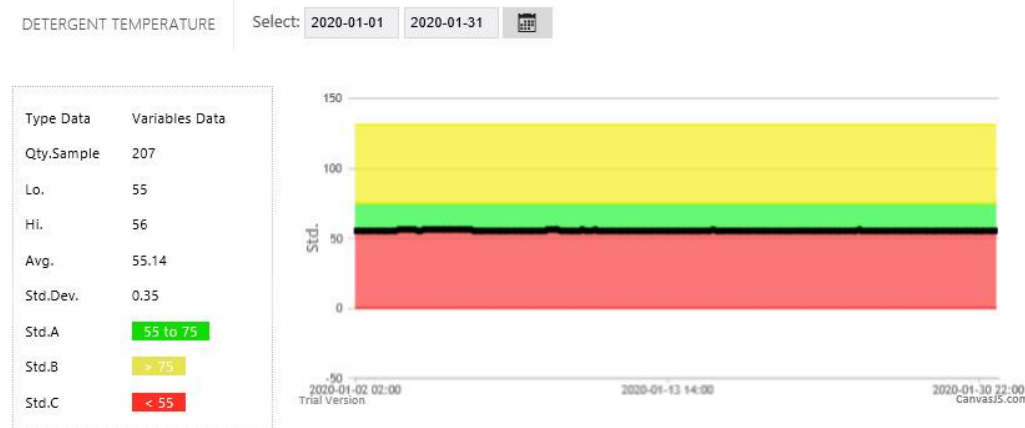
didapatkan standar deviasi 0,42°C. Sedangkan kestabilan deviasi dapat dilihat pada grafik mulai awal minggu ke 2.



Gambar 8. Monitoring suhu Washer bulan november 2019.

Dashboard monitoring quality pada gambar 9, menunjukkan deviasi pada bulan Desember adalah 1°C dengan suhu paling rendah 55°C dan suhu tertinggi

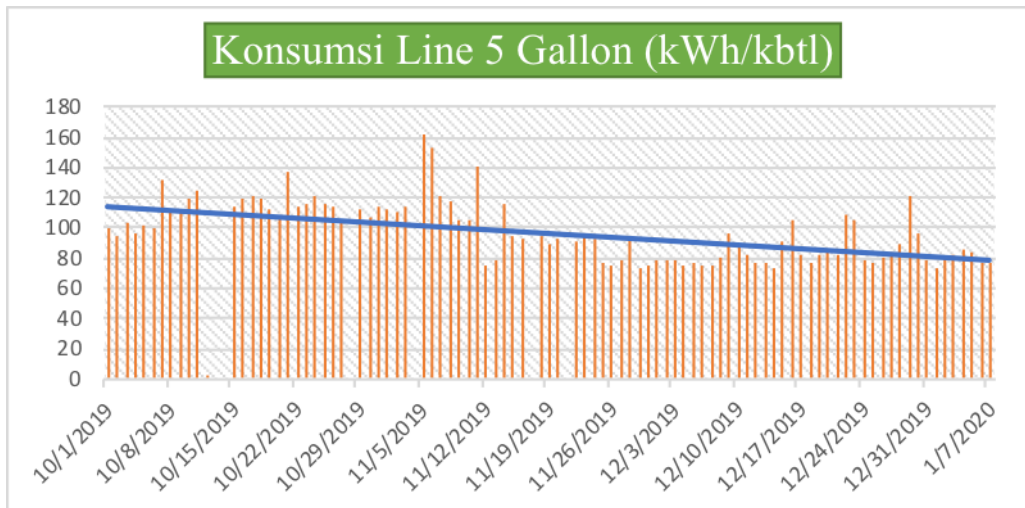
mencapai 56°C. Dari 207 data didapatkan standar *deviasi* 0,35°C. Sedangkan kestabilan deviasi sudah konsisten di semua data.



Gambar 9. Monitoring suhu Washer bulan desember 2019.

Data monitoring konsumsi energi listrik pada line 5 gallon disajikan pada Gambar 10. dari *tradeline* dapat dilihat penurunan konsumsi energi listrik secara konsisten dari tanggal 12 Oktober 2019. Sedangkan data-data dengan konsumsi energi listrik

setelah tanggal 12 Oktober 2019 diatas rata-rata dikarenakan waktu operasional mesin lebih kecil dari waktu operasional rata-rata, sehingga kebutuhan energi listrik per 1000 botol menjadi meningkat.



Gambar 10. Konsumsi energi listrik Oktober 2019 sampai dengan Januari 2020.

Indeks rata-rata konsumsi energi listrik sebelum implementasi inisiatif adalah 112,63 kwh/kbtl, sedangkan indeks konsumsi energi rata-rata setelah dilakukan inisiatif adalah 87,09 kwh/kbtl.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan perubahan *system controller* dari hysteresis mejadi *PID* dan masing-masing heater di control, perubahan lekukan pipa pada discharge pompa mesin pencuci, dan enurunan permukaan air pada tangki mesin pencuci. Maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penurunan deviasi suhu dari 6°C menjadi 1°C dari perbandingan data sebelum dan sesudah implementasi proyek. Penurunan kosumsi energy listrik sebesar 25,55 *killowatt hours/killlo bottles* disajikan pada Gambar 11. Berdasarkan volume produksi dari tangga 11 november 2019 sampai dengan tanggal 30 juni 2020, didapatkan efisiensi energi listrik sebesar 201.293,47 *kilowatt hours* atau sebesar 7.246,56 *Giga Joule*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Jatmika, 2016. *Desain Sistem Kontrol Temperatur untuk Tipe Pemanas dengan Resistansi Rendah*. Jurnal Neutrino Vol. 8, No2, April 2016. Program Studi Magister Fisika, Universitas Brawijaya Malang
- Anonim._. *Perpindahan Panas Konveksi*. <https://nurulimantmunib.wordpress.com>. Diakses 7 Agustus 2020
- Anonim._. *Polycarbonate*. <https://en.wikipedia.org/wiki>. Diakses 6 Agustus 2020.
- Anonim._. *What Is The Melting Point of Plastic*. <https://www.quora.com>. Diakses 6 Agustus 2020.
- Bambang Sampurno. 2015. *Sistem Kendali PID pada Pengendalian Suhu untuk Kestabilan Proses Pemanasan Minuman Sari Jagung*. Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi (SNIKO) 2015 Bandung, Indonesia, 10-11 Desember 2015
- Khairul Amri, 2019. *Perancangan Dispenser Air Panas Terprogram dengan Kontrol PID*. Seminar Nasional Inovasi, Teknologi dan Aplikasi (SeNITiA) 2019 ISBN

978-602-5830-11-2 Bengkulu, 17
Oktober 2019.
Rosa, A. S. and Shalahuddin, M. 2015.
Rekayasa Perangkat Lunak

Terstruktur dan Berorientasi Objek.
Bandung: Informatika.
Supardi. 2011. *Dasar-Dasar Ilmu Sosial*.
Yogyakarta: Penerbit Ombak.