

IMPLEMENTASI SIGNAL 4-20mA SEBAGAI PENGATUR VARIABLE FREQUENCY DRIVE (VFD) BERBASIS SENSOR RTD PT100

Deni Hendarto¹, Fajar Ilham Taufik²

¹Dosen Tetap Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor, Jl. KH Sholeh Iskandar km 2, Bogor, Kode Pos 16162

²Mahasiswa Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor, Jl. KH Sholeh Iskandar km 2, Bogor, Kode Pos 16162

E-mail: deni.hendarto@ft.uika-bogor.ac.id
fajarilhamtaufik@yahoo.com

ABSTRAK

IMPLEMENTASI SIGNAL 4-20mA SEBAGAI PENGATUR VARIABLE FREQUENCY DRIVE (VFD) BERBASIS SENSOR RTD PT100. Telah dilakukan pembuatan sistem pasteurisasi suhu yang penting untuk menjaga kualitas produk agar tetap aman dikonsumsi. Pada komponen pasteurisasi, pompa transfer yang digunakan sebagai pompa utama transfer produk sering mengalami gangguan berupa alarm over load sehingga menyebabkan proses produksi terhambat (downtime). Hal ini terjadi akibat proses pengoperasian secara manual berdasarkan pembacaan suhu yang dilakukan oleh operator yang mengakibatkan terjadinya kavitasi dan fungsi instrument bekerja secara abnormal. Dari suhu produk yang sering naik turun, buka tutup modulating valve yang terlalu sering sehingga membuat komponen mekaniknya aus, yang berakibat terganggunya proses produksi yang berulang-ulang atau bahkan hingga terjadi stop produksi yang lama. Untuk itu perlu dilakukan improvement untuk mengurangi gangguan proses produksi tersebut. Tujuan penelitian ini adalah melakukan perubahan metode pengoperasian pompa transfer produk dari manual menjadi otomatis. Pemasangan komponen tambahan dilakukan untuk mengubah pengoperasian pompa transfer dari manual ke otomatis berdasarkan pembacaan suhu produk yang dapat diterima pada tahap proses transferring dan dioperasikan oleh operator berdasarkan standar suhu yang dipantau, dengan ditambah variable frequency drive menggunakan signal 4-20mA lalu dimanfaatkan untuk mengatur kerja variable frekuensi drive (VFD) dan motor induksi 3 fasa yang kecepatannya diatur secara otomatis berdasarkan pembacaan suhu dari sensor RTD PT100 kemudian diterima oleh temperature control lalu dikonversi menjadi sebuah signal 4-20mA yang dimanfaatkan untuk mengatur VFD atau kecepatan motor transfer tersebut. Dengan bertujuan Dihasilkan alat implementasi Signal 4-20mA sebagai pengatur Variable Frequency Drive (VFD) berbasis sensor RTD PT100 sesuai rancangan serta Uji fungsi alat hasil rancang bangundiperoleh bahwa settingan parameter temperature control diperoleh pada suhu produk sebesar 84°C untuk VFD dengan putaran yang dihasilkan 230 rpm.

Kata kunci: Variable Frekuensi Drive, Temperature Control, Sensor RTD PT100

1. PENDAHULUAN

Proses pasteurisasi pada produksi minuman teh merupakan proses pemasakan produk menggunakan media likuid (cairan) yang merupakan tahap proses pengaturan suhu memanfaatkan cairan panas (Steam) dan dingin (Cooling Water) sebelum masuk ke tahap pengisian (Filling) dan packing. Pada tahap pasteurisasi (proses pemasakan produk), prosesnya diatur oleh sistem kontrol suhu untuk mendapatkan suhu yang diinginkan. Saat ini sistem pengaturan suhu pada pompa transfer dilakukan secara manual, yaitu pekerjaan pengoperasian pompa transfer dilakukan oleh tenaga operator. Hal ini menyebabkan downtime (waktu stop mesin) lebih lama, komponen mekanik cepat aus, dan biaya pemeliharaan lebih tinggi.

Pemasangan komponen tambahan pada proses pasteurisasi perlu dilakukan untuk mengubah metode pengoperasian manual pompa transfer menjadi otomatis dengan pemasangan Variable

Frekuensi Drive (VFD). Alat VFD ini diatur kecepatan putarnya berdasarkan pembacaan suhu produk pada tahap proses transferring oleh pompa transfer. Pembacaan suhu produk pada VFD berdasarkan masukan dari signal 4-20mA melalui RTD PT100. Pada penelitian ini dilakukan perbaikan sistem kontrol pompa transfer pada proses pasteurisasi.

Berdasarkan latar belakang tersebut telah dilakukan pembuatan sistem pasteurisasi suhu melalui perolehan tujuan penelitian, yaitu: (a) alat kontrol pompa transfer berdasarkan signal 4-20mA melalui RTD PT100 (Control Panel VFD Pasteurizer), dan (b) settingan parameter suhu produk menggunakan alat kontrol pompa transfer (Control Panel VFD Pasteurizer).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pasteurisasi

Pasteurisasi adalah sebuah proses pemanasan makanan dengan tujuan membunuh organisme merugikan seperti bakteri, virus, protozoa, kapang, dan khamir. Proses ini diberi nama atas penemunya Louis Pasteur seorang ilmuwan Perancis. Tes pasteurisasi pertama diselesaikan oleh Pasteur dan Claude Bernard pada 20 April 1862.

Tidak seperti sterilisasi, pasteurisasi tidak dimaksudkan untuk membunuh seluruh mikro-organisme di makanan. Bandingkan dengan appertisasi yang diciptakan oleh Nicolas Appert. Pasteurisasi bertujuan untuk mencapai "pengurangan log" dalam jumlah organisme, mengurangi jumlah mereka sehingga tidak lagi bisa menyebabkan penyakit (dengan syarat produk yang telah dipasteurisasi didinginkan dan digunakan sebelum tanggal kedaluwarsa). Sterilisasi skala komersial makanan masih belum umum, karena dapat mempengaruhi rasa dan kualitas dari produk [1].

2.2 Temperature Sensor RTD PT100 (Resistance Thermal Detector)

Resistance Temperature Detector adalah sensor suhu yang pengukurannya menggunakan prinsip perubahan resistansi atau hambatan listrik logam yang dipengaruhi oleh perubahan suhu. RTD adalah salah satu sensor suhu yang paling banyak digunakan dalam otomatisasi dan proses kontrol [2]. Pada Gambar 1 adalah contoh RTD secara fisik.



Gambar 1. Resistance Temperature Detector

Pada tipe elemen *wire-wound* atau tipe standar, RTD terbuat dari kawat yang tahan korosi, yang dililitkan pada bahan keramik atau kaca, yang kemudian ditutup dengan selubung probe sebagai pelindung. Selubung probe ini biasanya terbuat dari logam iniconel (logam dari paduan besi, chrom, dan nikel). Iniconel dipilih sebagai selubung dari RTD karena tahan korosi dan ketika ditempatkan dalam medium cair atau gas, selubung iniconel cepat dalam mencapai suhu medium tersebut. Di antara kawat RTD dan selubung juga terdapat keramik (porselen

isolator) sebagai pencegah hubung pendek antara kawat platina dan selubung pelindung [2].

2.3 Konstruksi Motor Listrik 3 Fasa

Motor induksi tiga fasa memiliki dua komponen dasar yaitu stator dan rotor, bagian rotor dipisahkan dengan bagian stator oleh celah udara yang sempit (air gap) dengan jarak antara 0,4 mm sampai 4 mm. Tipe dari motor induksi tiga fasa berdasarkan lilitan pada rotor dibagi menjadi dua macam yaitu rotor belitan (*wound rotor*) adalah tipe motor induksi yang memiliki rotor terbuat dari lilitan yang sama dengan lilitan statornya dan rotor sangkar tupai (*Squirrel-cage rotor*) yaitu tipe motor induksi dimana konstruksi rotor tersusun oleh beberapa batangan logam yang dimasukkan melewati slot-slot yang ada pada rotor motor induksi, kemudian setiap bagian disatukan oleh cincin sehingga membuat batangan logam terhubung singkat dengan batangan logam yang lain [3].

2.4 Cara Mengatur Kecepatan Motor

Banyak cara untuk mengatur/mengurangi kecepatan motor seperti dengan gear box/reducer, inverter, dan menggunakan motor dahlander. Namun mengatur kecepatan motor dengan inverter akan memperoleh banyak keuntungan yang lebih bila dibandingkan dengan cara-cara yang lain. Seperti; jangkauan yang luas untuk pengaturan kecepatan dan torsi motor, mempunyai akselerasi dan deselerasi yang dapat diatur, mempermudah proses monitoring, sistem proteksi motor yang baik, mengurangi arus starting motor dan menghemat pemakaian energi listrik dan memperhalus start awal motor [4].

2.5 Metode Penelitian

Metode penelitian menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan untuk perolehan tujuan penelitian. Adapun tahapan dalam penelitian ini berupa penentuan modul alat, Perancangan alat implementasi signal 4-20mA sebagai pengatur Variable Frequency Drive berbasis sensor RTD PT100, Penyetingan alat Implementasi Signal 4-20mA sebagai Pengatur Variable Frequency Drive berbasis Sensor RTD PT100, dan Aplikasi Control Panel VFD Pasteurizer.

Penentuan Modul Alat

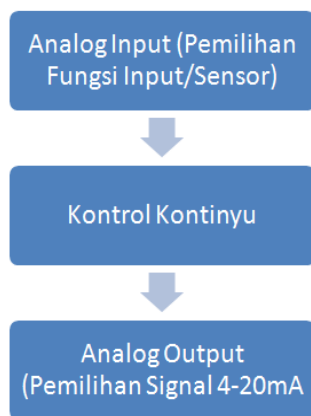
Menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan untuk perolehan tujuan penelitian, meliputi: (a) *Temperature Control Jumo dtron type 304* yang terdiri atas power suplai 220Vac, *Digital Input, Digital Output, Analog Output 4-20mA*, (b) Sensor RTD PT1003 wire brand Wika, dan (c) 3 *Phase Variable Frequency Drive* Brand Frenic FRN2.2.

Perancangan alat implementasi signal 4-20mA sebagai pengatur Variable Frequency Drive berbasis sensor RTD PT100

Tahapan pembuatan alat ini meliputi: (a) pemasangan *Din Rail* pada box panel, (b) pelubangan box panel dimaksudkan untuk penempatan *temperature control*, *display Variable Frequency Drive*, *switch* dan *indicator lamp*, (c) penempatan Komponen Elektrikal, dan (d) Instalasi Komponen elektrikal

Penyetingan alat Implementasi Signal 4-20mA sebagai Pengatur Variable Frequency Drive Berbasis Sensor RTD PT100

Diagram alir pengaturan parameter *temperature control* untuk penentuan fungsi input dan output 4-20mA seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

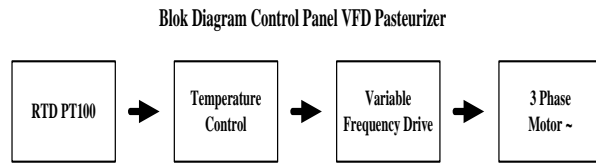


Gambar 2. Tahapan pengaturan parameter *temperature control*

Pada Gambar 2 tahapan yang dilakukan pertama adalah menentukan settingan parameter untuk fungsi input, yang mana fungsi input yang dimaksudkan adalah *sensor RTD PT100 3 wire*. Setelah mendapatkan fungsi input ditentukan fungsi controller itu bekerja konstan atau *continues*, dimana perbedaan konstan yaitu signal 4-20mA yang dikeluarkan oleh *temperature control* hanya berupa 4mA (off) dan 20mA (on). Pada *continues* berupa *signal* yang menyesuaikan dengan kebutuhan fungsi output yaitu *VFD*. *Control continues* ini bekerja jika mendekati suhu 84°C maka *VFD* akan mendekati nilai 4mA dan sebaliknya jika menjauhi suhu 84°C maka *VFD* akan menjauhi nilai 4mA dan mendekati nilai 20mA. Pada fungsi luaran yaitu penentuan parameter yang disesuaikan dengan fungsi internal pada *VFD*. Yang dimaksud fungsi internal disini adalah *signal 4-20mA* yang dibutuhkan oleh *VFD*, dengan *maximum frequency* 60Hz. Sesuai *name plate* motor.

Aplikasi Control Panel VFD Pasteurizer

Sistem kerja control panel tersebut seperti ditunjukkan pada blok diagram Gambar 3.

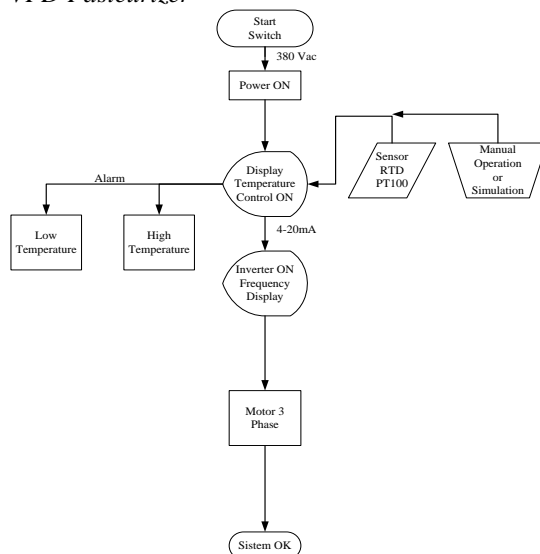


Gambar 3. Blok Diagram Control panel VFD

3. HASIL DAN BAHASAN

3.1 Alat Implementasi Signal 4-20mA sebagai pengatur Variable Frequency Drive Berbasis sensor RTD PT100 (Control Panel VFD Pasteurizer)

1) *Flowchart* dan Deskripsi kerja *Control Panel VFD Pasteurizer*

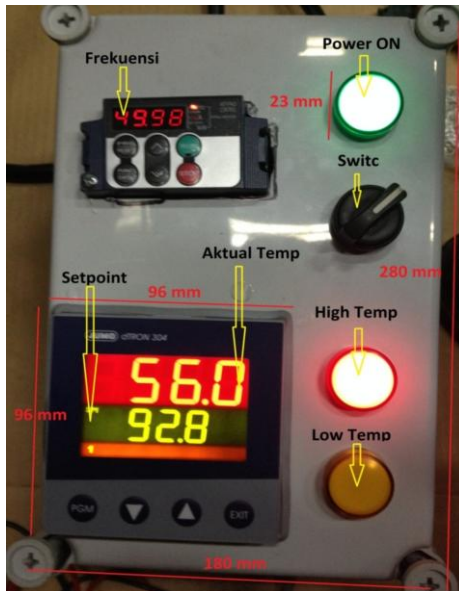


Gambar 4. Flowchart *Control Panel VFD Pasteurizer*

Berdasarkan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa diagram alir pengujian alat Implementasi Signal 4-20mA sebagai pengatur *Variable Frequency Drive* Berbasis sensor *RTD PT100*.

2) *Alat Kontrol Panel VFD Pasteurizer*, Bagian-bagian Utama dan Fungsinya

Modul-modul yang terdapat pada *Control Panel VFD Pasteurizer* terdiri atas *Temperature Control*, *Variable Frequency Drive*, *Indicator lamp*, *Selector Switch*. Pada Gambar 5 memperlihatkan hasil penelitian pembuatan *Control Panel VFD Pasteurizer*.



Gambar 5. Alat Control Panel VFD Pasteurizer

Bagian-bagian utama pada alat control Panel VFD Pasteurizer dan Fungsinya sebagai berikut:

1. Frekuensi Meter
Sebagai display pemantauan speed dari pompa transfer yang dipengaruhi temperature sensor.
2. Power
Indicator power ON menandakan suplai listrik masuk pada control panel VFD pasteurizer
3. Switch/Saklar
Saklar yang mengaktifkan coil pada kontaktor untuk mensuplai listrik yang masuk pada control panel VFD pasteurizer
4. Display Setpoint
Tampilan display temperatur yang diinginkan sebagai nilai acuan dari temperatur aktual/temperatur yang terbaca
5. Display Actual Temperatur
Tampilan display suhu yang terbaca oleh sensor RTD PT100
6. Alarm High Temperature
Alarm indikator jika suhu aktual yang terbaca lebih dari setingan parameter yang diinginkan
7. Alarm Low Temperature
Alarm indikator jika suhu aktual yang terbaca kurang dari setingan parameter yang diinginkan

3.2 Pengaturan (settingan) Parameter Suhu Produk Menggunakan Alat Kontrol Pompa Transfer (Control Panel VFD Pasteurizer)

- 1) Kalibrasi sensor *Resistance Thermal Detector* (RTD PT100)

Pada Gambar 6 memperlihatkan tata cara kalibrasi temperatur sensor RTD PT100

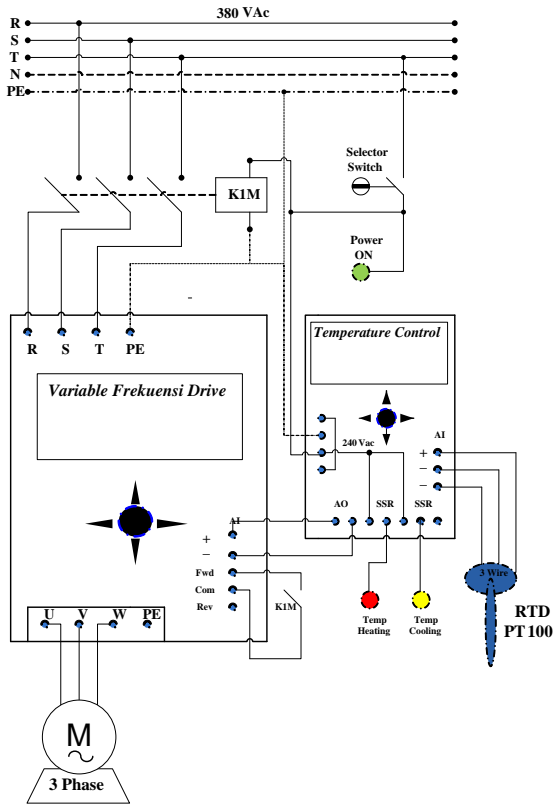
menggunakan media oil batch (*Kalibrator Temperature*). Pada sistem ini terlihat sensor RTD PT100 (display warna biru) terbaca suhu aktual yang terbaca oleh sensor RTD PT100 59,4°C dan 60°C (display warna merah) sebagai setpoint (settingan yang diinginkan).



Gambar 6 Kalibrasi *Resistance Thermal Detector* (RTD PT100)

- 2) Instalasi Pengawatan dan Prinsip kerja Control Panel VFD Pasteurizer

Instalasi pengawatan pada *Control Panel VFD Pasteurizer* ini merujuk pada PUIL 2000 sebagai mana referensi instalasi pengawatan sesuai standar nasional Indonesia, dimana instalasi pengawatan penunjang instalasi seperti penghantar dan pengaman telah disesuaikan dengan beban dari komponen listrik utama yang telah dipilih atau direncanakan sebelumnya. Dibawah ini menunjukkan hasil *wiring diagram* yang terdiri atas Gambar 7 *single line diagram* daya dan Gambar 8 merupakan *single line diagram* kontrol.

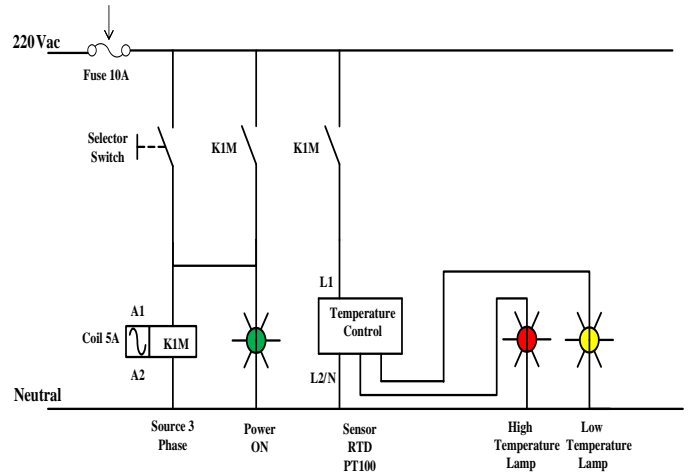


Gambar 7 Single line diagram daya

Berdasarkan pada Gambar 7 Tegangan listrik yang digunakan yaitu bersumber tegangan PLN 380Vac. Dengan masing-masing fasa R, fasa S, fasa T yang dilengkapi dengan *Neutral* dan *Protecting Earth (PE)*.

Prinsip kerja rangkaian diatas, saat Selector switch ON berarti indikator lampu hijau berpijar, maka;

1. *Magnetic Contactor (K1M)* bekerja menghantarkan sumber tegangan 3 fasa ke *VFD*. Pada *VFD* terminal U, V, W difungsikan utk motor 3 fasa yang dilengkapi *Forward (Fwd)*, *Common (Com)*, *Reverse (Rev)*, Positif *Analog Input 4-20mA (+)* serta, Negatif *Analog Input 4-20mA(-)*.
2. Disaat bersamaan (*K1M*) ON sumber tegangan fasa T menghantarkan tegangan 1 fasa ke *Temperature Control*. pada *temperature control*, *display seven segment* yang berwarna merah akan dipengaruhi oleh sensor *RTD PT100* sebagai *analog input (AI)* dan menentukan kedua *Solid State Relay (SSR)* berfungsi tidaknya diiringi *Analog Output* berupa *Signal 4-20mA* yang menghantarkan ke *VFD* dari *Temperature control* yang dipengaruhi besaran nilainya oleh *RTD PT100*.



Gambar 8 Single line diagram kontrol

Berdasarkan pada Gambar 8 Tegangan listrik yang digunakan bersumber tegangan fasa T yaitu 220Vac (*single phase*) dan *Neutral*, yang dilengkapi pengaman rangkaian kontrol berupa *Fuse* dengan kapasitas 2 ampere. Prinsip kerja rangkaian diatas adalah:

1. Saat *Switch ON*. Maka, *Coil (A1,A2)* dari *Magnetic Contactor (K1M)* bekerja dan kontak bantu (*Normally Open*) dari *K1M* menghantarkan sumber tegangan 1 fasa ke *indikator power lamp*.
2. Disaat bersamaan kontak bantu (*Normally Open*) lainnya dari *K1M* menghantarkan sumber tegangan 1 fasa ke terminal *main suplai(L1,L2)* dari *Temperature control*. untuk *High* dan *Low Temperature lamp* akan ON jika *Solid State Relay (SSR)* dari *Temperature control* bekerja berdasarkan pengaruh *RTD PT100*.
- 3) Hasil Pengujian sistem implementasi signal 4-20mA sebagai pengatur *variable frequency drive* berbasis *sensor RTD PT100*.

Pada Tabel 1 dibawah ini merupakan hasil pengujian sistem implementasi signal 4-20mA sebagai pengatur *variable frequency drive* berbasis *sensor RTD PT100*.

Tabel 1. Waktu sinkronisasi sistem Dead bus

Signal (mA)	Suhu (°C)	Frequency (Hz)	Speed (Rpm)
20	0	50	1200
17,1	20	45,3	1033
14,4	40	40,1	887
13,7	60	35,8	643
10,9	80	24,9	560
9,6	85	15,2	230
4	90	0	0

*Data Di ambil berdasarkan hasil pengujian menggunakan kalibrator Oil Batch

hasil pengujian diatas dapat dijabarkan dalam bentuk hitungan dibawah ini.

$$\eta_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

Diketahui dari name plate motor;

Daya = 2.2 kW
Tegangan = 380 VAc
Frekuensi = 50 Hz
Jumlah Pole = 4 Pole
Slip = 0.2 = 20%
n = 1500 rpm,

Maka,

1. $nr = ns(1 - s)$

frekuensi = 50 Hz

$$nr = 1500(1 - 0,2)$$

$$= 1500 \times 0,98$$

$$= 1470 \text{ (Hasil Perhitungan)}$$

$$\sim 1200 \text{ rpm (Hasil Pengukuran)}$$

2. $nr = ns(1 - s)$

frekuensi = 45,3 Hz

$$nr = 1359(1 - 0,2)$$

$$\eta_s = \frac{120 \cdot f}{p} = \frac{120 \cdot 45,3}{4} =$$

$$1359 \text{ rpm}$$

$$= 1359 \times 0,98$$

$$= 1331,82 \text{ (Hasil Perhitungan)}$$

$$\sim 1033 \text{ rpm (Hasil Pengukuran)}$$

3. $nr = ns(1 - s)$

frekuensi = 40,1 Hz

$$nr = 1203(1 - 0,2)$$

$$\eta_s = \frac{120 \cdot f}{p} = \frac{120 \cdot 40,1}{4} =$$

$$1203 \text{ rpm}$$

$$= 1203 \times 0,98$$

$$= 1178,94 \text{ (Hasil Perhitungan)}$$

$$\sim 887 \text{ rpm (Hasil Pengukuran)}$$

4. $nr = ns(1 - s)$

frekuensi = 35,8 Hz

$$nr = 1074(1 - 0,2)$$

$$\eta_s = \frac{120 \cdot f}{p} = \frac{120 \cdot 35,8}{4} =$$

$$1074 \text{ rpm}$$

$$= 1074 \times 0,98$$

$$= 1052,52 \text{ (Hasil Perhitungan)}$$

$$\sim 643 \text{ rpm (Hasil Pengukuran)}$$

5. $nr = ns(1 - s)$

frekuensi = 24,9 Hz

$$nr = 747(1 - 0,2)$$

$$= \frac{120 \cdot 24,9}{4} = 747 \text{ rpm}$$

$$= 747 \times 0,98$$

$$= 732,6 \text{ (Hasil Perhitungan)}$$

$$\sim 560 \text{ rpm (Hasil Pengukuran)}$$

6. $nr = ns(1 - s)$

frekuensi = 15,2 Hz

$$nr = 456(1 - 0,2)$$

$$\eta_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

$$= \frac{120 \cdot 15,2}{4} = 456 \text{ rpm}$$

$$= 456 \times 0,98$$

$$= 446,88 \text{ (Hasil Perhitungan)}$$

$$\sim 230 \text{ rpm (Hasil Pengukuran)}$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan bahasan didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Dihasilkan alat implementasi *Signal 4-20mA* sebagai pengatur *Variable Frequency Drive (VFD)* berbasis sensor *RTD PT100* sesuai rancangan.
2. Uji fungsi alat hasil rancang bangun diperoleh bahwa settingan parameter *temperature control* diperoleh pada suhu produk sebesar 84°C untuk *VFD* dengan putaran yang dihasilkan 230 rpm, pada frekuensi 15,2 Hertz.

UCAPAN TERIMAKASIH

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://id.wikipedia.org/wiki/Pasteurisasi> (di unduh 26 mei 2015)
- [2] http://www.fujielectric.com/products/ac_drive_s_lv/ (di unduh 14 februari 2015)
- [3] Shepperd, W., & L.N. Hulley., Power Electronics and Motor Control, Cambridge University Press, Cambridge, 1987.
- [4] <http://www.jumo.de/products/temperature/controllers-electronic/as-per-features/controller-type/3586/ratio-differential-value-controller.html> (di unduh 14 februari 2015)
- [5] http://www.wika.ca/TR10_en_ca.WIKA (di unduh 14 februari 2015)

- [6] <http://ilmulistrik.com/sensor-suhu-rt-d-resistance-thermal-detector.html>
(di unduh 14 april 2015)
- [7] Badan Standarisasi, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*, Jakarta, 2000.
- [8] <http://elektro-unimal.blogspot.co.id/2013/05/prinsip-kerja-motor-3-fasa.html> (di unduh 25 oktober 2015)
- [9] Burhanudin, Ahmad, rumus menghitung putaran motor, __, __, 2011
<http://www.elektronikabersama.web.id/2012/03/inverter-dan-rumus-menghitung-putaran.html> (di unduh 14 februari 2015)
- [10] <http://elektro.studentjournal.ub.ac.id>
(di unduh 26 oktober 2015)