

Pembuatan Mesin Pengering Manisan Nanas Menggunakan Mikrokontroler Atmega16 sebagai Alat Bantu Praktikum Pengeringan pada Prodi TPHP di SMKN 1 Pujon

Achmad Machsush

S1 Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: a_mchuz@yahoo.com

Bambang Poerwantono

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: poerwantono@yahoo.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengetahui kinerja sensor suhu dan kelembaban pada prototipe mesin pengering manisan nanas, dan (2) mengetahui hasil penilaian kelayakan dari guru prodi TPHP mengenai pembuatan mesin pengering manisan nanas.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah R&D (*Research and Development*). Uji kelayakan dilakukan dengan mengetahui hasil dari observasi guru SMKN 1 Pujon terhadap mesin pengering. Analisis yang digunakan untuk mengetahui hasil kelayakan menggunakan analisis rating dengan 4 kriteria yaitu tidak baik, cukup baik, baik, dan sangat baik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa: (1) daya kerja pada mesin pengering dilihat dari pengujian sistem *open-loop*, *plant* model mesin pengering manisan nanas termasuk model IPDT yang bersifat *integrator* dengan nilai $L=5s$, dan $K^*=0,000126$. Sehingga penalaan kontrol PID mendapatkan nilai $K_p=1428,57$, $K_i=86,58$, dan $K_d=0$ dapat menjadikan suhu memiliki nilai konstan ($40,04^\circ C$) dengan *error* maksimal sebesar 0,4%, (2) proses ujicoba pemakaian diperoleh hasil analisis rating untuk waktu 100%, rasa 87,5%, bentuk 75%, warna 87,5%. Kelayakan yang diperoleh dari mesin pengering manisan nanas didapatkan dari rata-rata yang diperoleh dari hasil rating sebesar 87,5%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa mesin pengering manisan nanas memiliki kriteria sangat baik dan layak digunakan sebagai alat bantu pengeringan manisan nanas.

Kata kunci: *Prototipe*, Mesin pengering, PID, IPDT, *error*, dan *plant*.

Abstract

The purpose of this study is (1) determine the performance of the temperature and humidity sensor in the prototype of pineapple sweets drying machine , and (2) determine the feasibility assessment of teachers' study program about the making of the dryer TPHP candied pineapple .

The method used in this study is R & D (Research and Development) . diligence is done by knowing the results of observations of teachers SMK 1 Pujon against the dryer . The analysis used to determine the feasibility of using the results of the analysis with a 4 rating criteria is bad , pretty good , good , and excellent .

The results of this study indicate that : (1) the workings of the drying machine seen from the open-loop system trial, plant models of candied pineapple drying machine including models that are IPDT integrator with a value of $L = 5s$, and $K^ = 0.000126$. So tuning PID control gain values $K_p = 1428.57$, $K_i = 86.58$, and $K_d = 0$ can make the temperature has a constant value ($40.04^\circ C$) with a maximum error of 0.4 % , (2) the usage test results rating analysis of time 100 % , flavor 87.5% , form 75% , color 87.5% . Feasibility derived from the pineapple sweets drying machine obtained from the average of the results obtained a rating of 87.5% . Thus, it can be concluded that pineapple sweets drying machine has excellent criteria and fit for use as a practical instrument in making pineapple sweets.*

Keywords: *Prototype* , drying machines , PID , IPDT , *error* , and *plant*.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi yang inovatif sekarang mulai banyak digunakan dalam dunia pendidikan. Teknologi tersebut berfungsi membantu siswa berkreasi dalam melakukan praktek, khususnya di SMK. Sehingga siswa memiliki pengetahuan dan ketrampilan yang kompeten

dan dapat berkompetisi satu sama lain baik antar individu, antar kelas, maupun antar sekolah. Hal ini sesuai dengan Peraturan Pemerintah RI Nomor 19 Tahun 2005 Pasal 26 Ayat 3 yang menyatakan bahwa tujuan pendidikan menengah kejuruan (SMK) adalah meningkatkan kecerdasan, pengetahuan, kepribadian, akhlak mulia, serta keterampilan untuk hidup mandiri dan mengikuti

pendidikan lebih lanjut sesuai dengan kejuruannya. Pelaksanaan pendidikan menengah kejuruan akan mencapai sasaran jika tempat peserta didik dilatih merupakan replika lingkungan dunia industri. Efektivitas hasil belajar dapat dicapai jika siswa terbiasa menggunakan alat dan mesin yang sama seperti yang diperlukan dalam pekerjaan di industri.

Efektivitas hasil belajar pasti diharapkan oleh semua SMK, termasuk SMKN 1 Pujon. Namun, sekolah tersebut menemukan kendala dalam praktikum, khususnya pada prodi Teknik Pengolahan Hasil Pertanian (TPHP) dalam kompetensi dasar menerapkan proses pengeringan. Berdasarkan hasil observasi awal, proses pengeringan pada pembuatan manisan kering masih menggunakan cara alami dengan bantuan energi sinar matahari, sehingga proses pengeringan menunggu adanya sinar matahari. Wilayah Pujon merupakan kawasan puncak pegunungan yang memiliki suhu normal sekitar 30°C. Suhu tersebut tidak mendukung dalam proses pengeringan. Kendala lain yang sering ditemui adalah bahan manisan mulai berjamur. Proses penjamuran terjadi akibat kurangnya pengeringan sesuai dengan kadar air yang dibutuhkan oleh bahan manisan. Proses pengeringan akan mendapatkan hasil yang optimal jika suhu yang diperoleh selalu stabil.

Proses pengendalian suhu dan kadar air dapat lebih mudah jika dilakukan pengontrolan menggunakan pemrograman mikrokontroler. Mikrokontroler merupakan suatu alat yang digunakan mempermudah dalam melakukan sebuah pengendalian dengan menggunakan pemrograman yang dimasukkan kedalam sebuah *chip*. Sehingga dengan demikian menggunakan mikrokontroler lebih mempermudah kinerja alat dan efektif dalam pengeluaran biaya.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti bermaksud membuat mesin pengering manisan nanas yang diharapkan dapat bermanfaat dan membantu tercapainya tujuan pendidikan pada kompetensi dasar menerapkan proses pengeringan prodi TPHP SMKN 1 Pujon. Sehingga peneliti mengambil skripsi berjudul "Pembuatan Mesin Pengering Manisan Nanas Menggunakan Mikrokontroler Atmega16 sebagai Alat Bantu Praktikum Pengeringan pada Prodi TPHP Di SMKN 1 Pujon".

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan diatas, maka diambil rumusan masalah sebagai berikut : (1) Bagaimanakah kinerja sensor suhu dan kelembaban pada prototipe mesin pengering manisan nanas sebagai alat bantu produk di prodi TPHP SMKN 1 Pujon?; (2) Bagaimanakah penilaian kelayakan dari guru prodi TPHP mengenai pembuatan mesin pengering manisan nanas yang digunakan sebagai alat bantu di SMKN 1 Pujon berdasarkan waktu, rasa, bentuk dan warna yang dihasilkan dari hasil proses pengeringan?

Agar penelitian ini mendapatkan hasil yang diharapkan, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut : (1) Jenis Mikrokontroler yang digunakan adalah Mikrokontroler tipe Atmega 16; (2) Sebagai Alat Bantu Produk pada program studi (Teknik Pengolahan Hasil Panen) TPHP di SMKN 1 Pujon Malang; (3) Alat yang dihasilkan tidak boleh digunakan pada suhu ruang yang melewati *set point* (40,04°C); (4) Jenis sensor yang digunakan adalah HSM-20G sebagai sensor suhu dan kelembaban; (5) Panas yang dihasilkan berasal dari lampu pijar; (6) Termometer yang digunakan kalibrasi adalah termometer alkohol.

Dalam Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut : (1) Mengetahui kinerja sensor suhu dan kelembaban pada prototipe mesin pengering manisan nanas sebagai alat bantu di prodi TPHP SMKN 1 Pujon; (2) Mengetahui hasil penilaian kelayakan dari guru prodi TPHP mengenai pembuatan mesin pengering manisan nanas yang digunakan sebagai alat bantu di SMKN 1 Pujon berdasarkan waktu, rasa, bentuk dan warna yang dihasilkan dari hasil proses pengeringan.

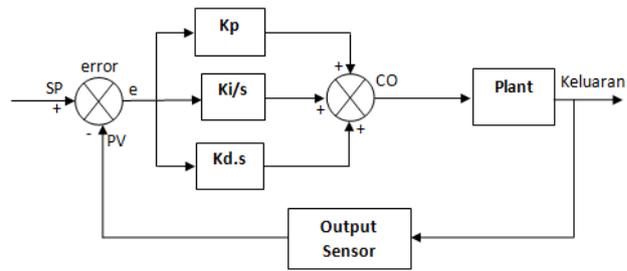
Spesifikasi produk merupakan sebuah uraian yang terperinci mengenai sebuah produk. Rancangan prototipe dapat dilihat pada Tabel 1 spesifikasi mesin pengering nanas dibawah ini:

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Pengering Nanas

| No. | Parameter | Satuan | Spesifikasi |
|-----|---------------------|--------|----------------------------------|
| 1 | Mesin pengering | | |
| | Panjang | Cm | 60 |
| | Lebar | Cm | 33,4 |
| | Tinggi | Cm | 34 |
| | Tebal | Cm | 1,6 |
| | Bahan | - | Triplek terlapisi aluminium foil |
| 2 | Rak pengering | | |
| | Panjang | Cm | 38 |
| | Lebar | Cm | 23 |
| | Tebal | Cm | 0,3 |
| | Bahan | - | Seng + kawat |
| | Jarak antar rak | Cm | 10 |
| | Jumlah Rak | Buah | 2 |
| 3 | Loyang | | |
| | Panjang | Cm | 29 |
| | Lebar | Cm | 24 |
| | Tinggi | Cm | 2 |
| 4 | Daya yang digunakan | Watt | 40 |

| No. | Parameter | Satuan | Spesifikasi |
|-----|------------------------|--------|-------------|
| 5 | Kipas DC | | |
| | Panjang | Cm | 9 |
| | Lebar | Cm | 2 |
| | Tinggi | Cm | 9 |
| 6 | Indikator | | |
| | Suhu | °C | 40,04 |
| 7 | Manisan nanas | | |
| | Ketebalan | Cm | 1 |
| | Berat maksimum | Gram | ±530 |
| | Kandungan Air (Kering) | % | 23 |
| | | | |
| 8 | Jenis pemanas | - | Lampu Pijar |
| 9 | Sensor yang digunakan | - | HSM-20G |
| 10 | Waktu yang dibutuhkan | Jam | 8 Jam |

Beberapa teori pendukung untuk pembuatan mesin pengering manisan nanas adalah mikrokontroler AVR Atmega16, sensor HSM-20G, pengendali PID, IPDT (*Integrating Plus Dead Time*), penalaan pengendalian PID, Manisan Kering Nanas. (a) Mikrokontroler AVR Atmega16 merupakan mikrokontroler 8 bit yang memiliki kemampuan tinggi dengan konsumsi daya listrik yang dibutuhkan lebih sedikit. Karakteristik AVR Atmega16 yang diperlukan untuk membangun perangkat mesin pengering adalah Memiliki kapasitas *flash memori* 16 Kbyte, Memiliki 8 *channel ADC internal* sebesar 10 bit, Memiliki 4 *channel PWM*, Memiliki 32 *I/O line* yang dapat diprogram, Pemrograman dapat menggunakan bahasa *low level language* (assembly), dan *high level language*. (b) Sensor HSM-20G adalah sensor pengukur kelembaban relatif dan temperatur. Sensor ini mempunyai beberapa keunggulan yang terdapat didalam karakteristiknya. HSM 20G menggunakan catu daya arus searah sebesar 5 volt dengan toleransi 0,2 volt, tegangan *output* sensor berada pada *level* 1 sampai 3 volt, akurasi pengukuran ±5%RH, operasi arus maksimum 2 mA, batas *storage* RH 0 sampai 99%RH, batas operasi RH 20-95% (100%RH *intermintent*), kondensasi *transient* <3%RH, batas *storage* temperatur 20°C-70°C, batas operasi temperatur 0°C-50°C, histeresis (RH@25°C) maksimal 2%RH, sangat linear, respon waktu (63% setiap perubahan langkah) 1 menit. Semua standar alat ini berdasarkan variasi kelembaban di bawah 60%RH pada saat 25°C. (c) Pengendali PID digunakan untuk menentukan akurasi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut (Ogata,1984:160).



Gambar 1. Blok Diagram Pengendali PID

Persamaan berikut memperlihatkan bentuk umum kontrol PID ideal dalam bentuk kontinyu:

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

Dalam bentuk Laplace, persamaan (1) tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$CO(s) = \left[K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \right] e(s) \dots\dots\dots (2)$$

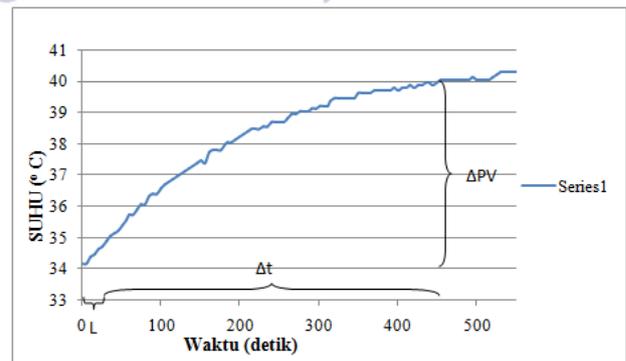
Dari persamaan (2) tersebut diperoleh sebuah fungsi alih kontroler PID dengan domain (s) pada persamaan (3) sebagai berikut :

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \dots\dots\dots (3)$$

Aksi kontrol PID ideal bentuk *independent* dalam kawasansistem diskret dapat dituliskan pada bentuk persamaan (4) sebagai berikut:

$$CO(k) = K_p \cdot e(k) + K_i \cdot T_c \cdot \sum_{i=0}^k (e(i)) + K_d \frac{(e(k) - e(k-1))}{T_c} \dots\dots\dots (4)$$

(d) Model IPDT digunakan untuk proses yang tidak menemukan titik kestabilan yang biasanya disebut dengan model proses *non self regulating* (Setiawan, 2008:6). Grafik model IPDT dijelaskan pada Gambar 2 dibawah ini:

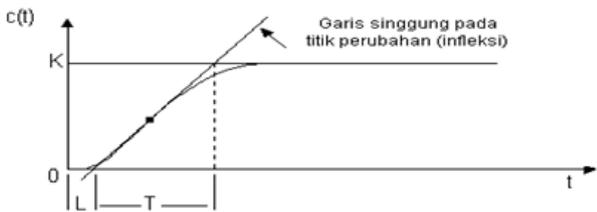


Gambar 2. Grafik Model IPDT (Integrating Plus Dead Time)

IPDT memiliki ciri hanya mencari *proporsional* dan *integral* (PI), sedangkan *deverative* (D) bisa digunakan ataupun tidak. Sehingga pada model IPDT hanya dicirikan oleh 2 buah parameter saja yaitu *delay* (L) dan *gain integratif* proses (K^*). Sesuai dengan rumus berikut:

$$K^* = \frac{\Delta PV}{\Delta CO \times \Delta t} \dots\dots\dots (5)$$

(e) Ada beberapa metode penalaan yang dapat digunakan, salah satunya adalah metode Ziegler-Nichols. Metode dasar penalaan Ziegler-Nichols kurva reaksi didasarkan pada respon plant terhadap masukan tangga pada dalam kalang terbuka. Plant yang tidak mempunyai integrator, menghasilkan kurva reaksi terhadap masukan tangga seperti kurva huruf S seperti Gambar 3 dibawah ini:



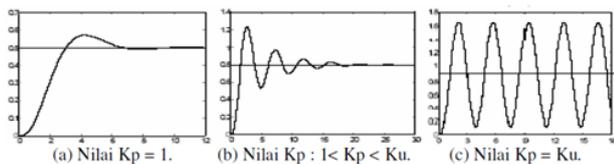
Gambar 3. Kurva Reaksi Berbentuk S

Penalaan metode kurva reaksi dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Penalaan Parameter PID dengan Metode Kurva Reaksi

| Tipe Kontroler | K_p | T_i | T_d |
|----------------|---------|-------|-------|
| P | T/L | ~ | 0 |
| I | 0,9 T/L | 3,3L | 0 |
| PID | 1,2 T/L | 2L | 0,5L |

Metode dasar penalaan Ziegler-Nichols osilasi didasarkan pada respon plant terhadap masukan tangga pada dalam kalang tertutup. Tanggapan keluaran yang kondisi penguatan proporsional ditunjukkan pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Karakteristik Keluaran suatu Sistem dengan Penambahan K_p

Penalaan metode osilasi dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini:

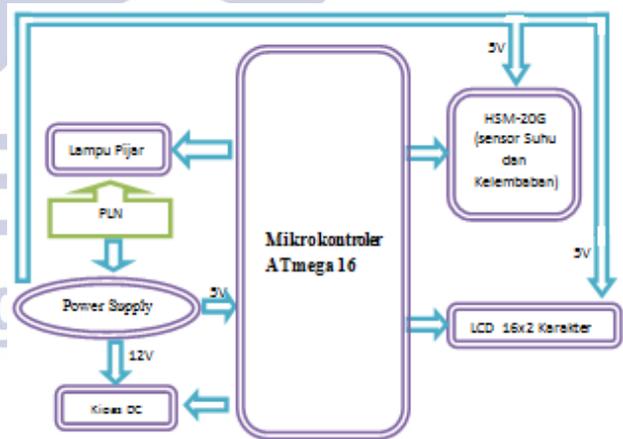
Tabel 3. Penalaan Parameter PID dengan Metode Osilasi

| Tipe Kontroler | K_p | T_i | T_d |
|----------------|----------|----------|-----------|
| P | $K_u/2$ | - | - |
| PI | $2K_u/5$ | $4T_u/5$ | - |
| PID | $3K_u/5$ | $T_u/2$ | $3T_u/25$ |

(f) Proses pengeringan manisan nanas menggunakan sinar matahari yang terik, kelembaban rendah, suhu sekitar 100°F atau 37,8°C serta proses pengeringan dilakukan selama 3-7 hari (Dwiari, 2008:84). Pengeringan dengan matahari terik antara pukul 10.00 – 14.00 WIB tiap hari, tapi secara kenyataan penjemuran dilakukan mulai pukul 08.00 – 15.00 WIB karena memanfaatkan matahari secara maksimum selama 3 hari. Manisan nanas dikatakan kering hingga terdapat kandungan kadar air didalamnya sebesar 23%.

METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian pengembangan R&D (*Research and Development*). Pelaksanaan penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus – November 2013 pada bulan Agustus – November 2013. Tempat penelitian pada tahap ujicoba produk dilakukan di *Laboratorium Mikroprosesor A5*. Tahap ujicoba pemakaian dan pengamatan hasil pengeringan manisan nanas dilaksanakan di SMKN 1 Pujon Malang. Desain blok diagram sistem kerja mesin pengering manisan nanas dengan menggunakan sensor HSM-20g sebagai sensor dan Atmega 16 sebagai sebagai pengontrol utama secara garis besar ditunjukkan pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Blok Diagram Sistem Kerja Mesin Pengering Manisan Nanas

Intrumen yang digunakan penelitian ini dalam pengumpulan data menggunakan lembar observasi alat yang terdiri dari penilaian daya kerja alat dan hasil kerja alat. Analisis hasil kerja alat dilakukan dengan cara memberikan tanggapan dengan kriteria : kurang, cukup, baik, dan sangat baik. Sedangkan analisis daya kerja alat

dilakukan untuk mengetahui error pada suhu mesin pengering seberapa konstannya suhu pada *set point*.

Metode analisis data untuk daya kerja alat menggunakan prosentase error dengan rumus berikut:

$$|Error| = \frac{SP-SB}{SP} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

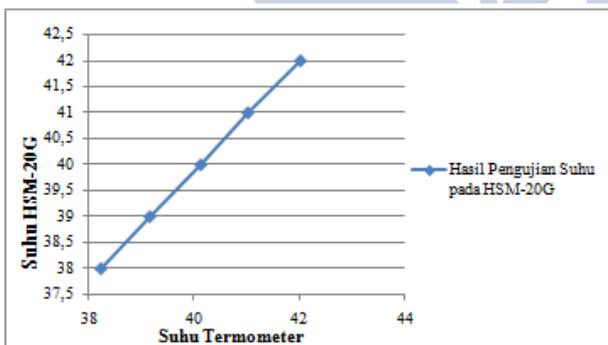
SB = nilai suhu yang terlihat

SP = suhu *set point*

Metode analisis data hasil kerja alat dilakukan dengan menggunakan analisis rating. Hasil analisis rating akan terlihat nilai efektifitas dan kelayakannya dengan melihat melalui bobot penilaian berikut: (82 – 100%) Sangat Baik, (63 – 81%) Baik, (44 – 62%) Cukup Baik, (25 – 43%) Tidak Baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

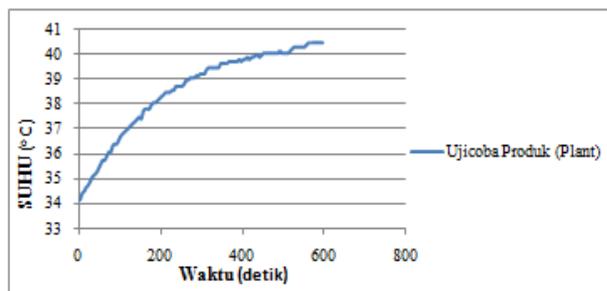
Hasil penelitian meliputi pembuatan alat ukur digital, ujicoba pengeringan nanas secara alami, Pembuatan mesin pengering, pengujian plant, penalaan PID, pengujian mesin pengering, analisis data. (a) pembuatan alat ukur digital dengan melakukan kalibrasi dengan termometer dan *datasheet* sensor HSM-20G. Pengujian dilakukan dengan jangkauan suhu mulai dengan 38 °C sampai 42°C.



Gambar 6. Kalibrasi Suhu pada Sensor HSM-20G dengan Termometer Analog

Gambar 6 menunjukkan bahwa hasil dari kalibrasi suhu antara sensor HSM-20G dengan termometer analog sama. Sehingga hasil pada program untuk sensor HSM-20G dikatakan baik; (b) ujicoba pengeringan secara alami dilakukan di SMKN 1 Pujon selama 3 hari hingga proses pengeringan selesai menggunakan alat ukur termometer digital hasil kalibrasi, dengan suhu dan kelembaban yang tidak konstan; (c) pembuatan mesin pengering terbuat dari bahan dasar triplek yang dilapisi menggunakan *aluminium foil*. Penambahan 2 kipas DC sebagai sirkulasi udara dan 4 buah lampu 15 watt sebagai pemanas pada ruang mesin pengering; (d) pengujian ruang mesin pengering (*plant*)

dilakukan dengan memberikan tegangan maksimal 220V atau saat CO sebesar 100% pada heater 10 menit.



Gambar 7. Respon ujicoba *Plant* (*Open Loop*)

Gambar 7 menunjukkan bahwa *plant* model mesin pengering manisan memiliki output proses (PV) yang terus menerus naik hingga melebihi *set point* yang diharapkan. Respon sistem tersebut menunjukkan output berupa IPDT (*Integrating Plus Dead Time*). Nilai *delay* (L) pada respon sistem sebesar 5 detik, setelah dihidupkan sistem untuk proses pengeringan. Δt respon sistem *open-loop* tersebut adalah sebesar 495 detik. *Gain* integratif (K^*) proses pada sistem IPDT dapat diperoleh melalui perhitungan berikut:

$$\Delta PV = 40,04 - 33,15 = 6,25$$

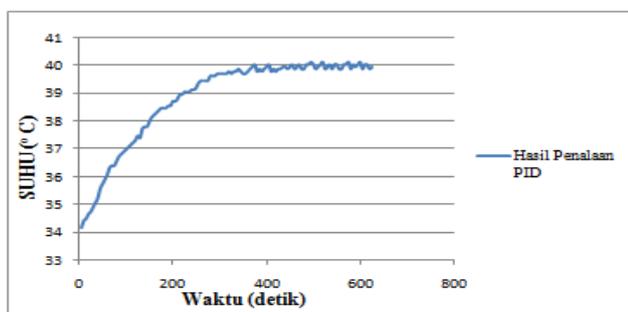
$$K^* = \frac{\Delta PV}{\Delta t \times \Delta CO} = \frac{6,25}{495 \times 100} = 0,000126$$

(e) Pada respon sistem pengujian *open-loop* menunjukkan bahwa *plant* mesin pengering termasuk model IPDT. Penalaan PID *Ziegler Nichols* untuk model IPDT hanya untuk mengetahui nilai K_p dan K_i , sedangkan $K_d = 0$. Sesuai dengan tabel kurva reaksi *Ziegler Nichols* nilai K_p dan K_i dapat dihitung sebagai berikut:

$$K_p = \frac{0,9}{K^* \times L} = \frac{0,9}{0,000126 \times 5} = 1428,57$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_I} = \frac{K_p}{3,3 \times L} = \frac{1428,57}{3,3 \times 5} = 86,58$$

Dengan demikian nilai penalaan untuk K_p dan K_i telah selesai melalui penalaan *Ziegler Nichols*, sedangkan untuk nilai K_d bernilai 0 (nol). Hasil grafik dari penalaan PID terhadap suhu mesin pengering manisan nanas terlihat pada Gambar 8 berikut:



Gambar 8. Hasil Penalaan PID

(f) pengujian mesin pengering yang telah dikontrol dilakukan di SMKN 1 Pujon Malang yang dilakukan selama 8 jam. Hasil dari pengeringan diserahkan langsung pada guru sebagai pengamat sekaligus memberikan penilaian terhadap hasil proses pengeringan.

Tabel 4. Hasil Daya Kerja Proses Pengeringan dengan Mesin Pengering

| Waktu (Jam) | Suhu (°C) | Kelembaban (%) |
|-------------|-----------|----------------|
| 0,5 | 39,88 | 48,87 |
| 1 | 40,04 | 46,55 |
| 1,5 | 40,04 | 45,07 |
| 2 | 39,96 | 44,25 |
| 2,5 | 40,04 | 43,15 |
| 3 | 39,88 | 42,36 |
| 3,5 | 39,96 | 41,76 |
| 4 | 39,96 | 41,08 |
| 4,5 | 40,04 | 40,87 |
| 5 | 40,04 | 40,42 |
| 5,5 | 39,96 | 40,13 |
| 6 | 39,96 | 39,78 |
| 6,5 | 40,04 | 39,34 |
| 7 | 39,96 | 39,05 |
| 7,5 | 40,04 | 38,58 |
| 8 | 40,04 | 38,25 |

Tabel 5. Penilaian Guru dari Hasil Pengeringan Menggunakan Mesin Pengering

| No | Uraian | Penguji | PENILAIAN | | | |
|----|--------|---------|-----------|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Waktu | Guru 1 | | | | √ |
| | | Guru 2 | | | | √ |
| 2 | Rasa | Guru 1 | | | | √ |
| | | Guru 2 | | | √ | |
| 3 | Bentuk | Guru 1 | | | √ | |
| | | Guru 2 | | | √ | |

| No | Uraian | Penguji | PENILAIAN | | | |
|----|--------|---------|-----------|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 4 | Warna | Guru 1 | | | | √ |
| | | Guru 2 | | | √ | |

(g) analisis daya kerja alat untuk kelembaban bahwa dengan suhu yang konstan kelembaban akan terus menurun hingga kering, karena dilakukan pada ruang tertutup. Sedangkan untuk suhu hasil pengamatan terhadap daya kerja suhu pada tahap penalaan PID terlihat telah konstan terhadap *set point* yang diinginkan. Akan tapi masih mempunyai nilai error karena PID digunakan agar error dapat lebih minimal.

Tabel 6. Menentukan Nilai Error PID

| Waktu (Jam) | Suhu (°C) | Kelembaban (%) |
|-------------|-----------|----------------|
| 0,5 | 39,88 | 0,4 |
| 1 | 40,04 | 0 |
| 1,5 | 40,04 | 0 |
| 2 | 39,96 | 0,2 |
| 2,5 | 40,04 | 0 |
| 3 | 39,88 | 0,4 |
| 3,5 | 39,96 | 0,2 |
| 4 | 39,96 | 0,2 |
| 4,5 | 40,04 | 0 |
| 5 | 40,04 | 0 |
| 5,5 | 39,96 | 0,2 |
| 6 | 39,96 | 0,2 |
| 6,5 | 40,04 | 0 |
| 7 | 39,96 | 0,2 |
| 7,5 | 40,04 | 0 |
| 8 | 40,04 | 0 |

Dari Tabel 6 telah diketahui bahwa penalaan PID pada mesin pengering memiliki nilai error terbesar adalah 0,4% dari *set point*. Hal ini telah membuktikan bahwa penalaan PID terhadap daya kerja mesin pengering telah berhasil dan mesin pengering telah siap dipergunakan. Analisis untuk hasil pengeringan dilakukan menggunakan perhitungan rating memperoleh waktu sebesar 100% sehingga memiliki kriteria sangat baik, rasa sebesar 87,5% sehingga memiliki kriteria sangat baik, bentuk sebesar 75% sehingga memiliki kriteria baik, warna sebesar 87,5% sehingga memiliki kriteria sangat baik. Hasil proses pengeringan dapat diketahui kelayakannya dari rata-rata yang diperoleh dari hasil rating. Dari hasil kelayakan dapat diketahui bahwa mesin kering manisan nanas memiliki prosentase sebesar 87,5%. Dengan

demikian mesin pengering manisan nanas mencapai nilai kelayakan dengan kriteria sangat baik, sehingga sudah layak digunakan dalam proses pengeringan.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa: (1) Pada daya kerja mesin pengering dilihat dari tahap pengujian sistem *open-loop* dan tahap pengeringan alami. Hasil kelembaban *plant* dengan pengeringan secara alami memiliki perbedaan. *Plant* merupakan ruang tertutup dengan kipas DC yang digunakan untuk mengeluarkan udara dari kotak. Sehingga membuat kelembaban pada *plant* semakin lama akan semakin menurun. Sedangkan pada proses pengeringan secara alami merupakan ruang terbuka yang mengakibatkan kelembaban dan suhu selalu berlawanan. Hasil *Plant* model mesin pengering manisan nanas termasuk model IPDT yang bersifat *integrator* dengan nilai $L = 5$ detik dan $K^* = 0,000126$. Penalaan kontrol PID *plant* model mesin pengering manisan nanas dapat dilakukan dengan metode *Ziegler Nichols* untuk parameter K_p , K_i dan K_d . Pada pengujian penalaan *plant* mesin pengering mendapatkan hasil nilai $K_p = 1428,57$, $K_i = 86,58$, dan $K_d = 0$. Hasil penalaan K_p , K_i , dan K_d terhadap *plant*, menjadikan suhu memiliki nilai konstan ($40,04$ °C) dengan memiliki *error* maksimal sebesar 0,4%. Sehingga pada pembuatan mesin pengering telah selesai dan suhu yang diharapkan telah sesuai yang diharapkan, (2) Hasil proses pengeringan menggunakan mesin pengering dalam uji coba pemakaian yang dilakukan di SMKN 1 Pujon mendapatkan penilaian dari guru mengenai waktu yang dibutuhkan, bentuk, rasa dan warna. Penilaian dari guru dianalisis menggunakan analisis rating diperoleh persentase untuk waktu 100%, rasa 87,5%, bentuk 75%, warna 87,5%. Kelayakan hasil proses pengeringan menggunakan mesin pengering dapat diketahui dari rata-rata yang diperoleh dari hasil rating. Hasil rata-rata yang didapatkan sebesar 87,5%, sehingga mencapai nilai kelayakan dengan kriteria sangat baik. Dengan demikian mesin pengering manisan nanas sesuai dari penilaian guru SMK pada bidangnya telah layak digunakan.

Saran

Penelitian tentang pembuatan mesin pengering nanas ini masih memiliki banyak kekurangan/kelemahan. Sehingga penelitian serupa perlu dilakukan untuk mendapatkan mesin pengering manisan nanas yang lebih maksimal hasil kerjanya. Saran yang dapat diberikan adalah: (1) Alat yang sudah dibuat berbahan triplek

dilapisi aluminium foil menjadikan panas merata tapi masih kurang maksimal. Penelitian selanjutnya disarankan dapat memilih bahan seng, aluminium, atau jenis penghantar yang baik, sehingga dapat lebih meratakan panas secara maksimal; (2) Sumber panas dengan menggunakan jenis lampu pijar dengan 60 watt dengan masing-masing lampu pijar 15 watt berjumlah 4 buah memiliki respon lambat untuk mencapai *steady state* selama 360 detik (6 menit), disarankan untuk memilih jenis pemanas yang lain atau dengan menambah daya listrik pada lampu pijar agar dapat lebih mempercepat respon pada *plant*.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto, H. 2008. "Pemrograman Mikrokontroler AVR Atmega 16". Bandung : INFORMATIKA
- Dwiari, S. R.dkk. 2008. "Teknologi Pangan Jilid 1". Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah,Departemen Pendidikan Nasional
- Johson.M.A & Moradi.M.H. 2005. "PID Control". Springer-Verlag London
- Ogata, K. 1984. "Teknik Kontrol Automatik Jilid 1". Bandung : Erlangga
- Ogata, K. 1985. "Teknik Kontrol Automatik Jilid 2". Bandung : Erlangga
- Riduwan. 2010. "Dasar – dasar Statistika". Bandung : Alfabeta
- Setiawan, I. 2008. "Kontrol PID untuk Proses Industri". Universitas Diponegoro
- Sugiyono. 2010. "Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D". Bandung : Alfabeta
- Tim Penyusun. 2006. Panduan Penulisan dan Penilaian Skripsi. Surabaya:UNESA.
- Undang-undang no 19. 2005. "Tentang Standar Nasional Pendidikan"