

IMPLEMENTASI *FUZZY LOGIC* UNTUK PENGONTROLAN SUHU PADA PROSES REFLOW OVEN SOLDERING

Wahyu Tri Wahono, Totok Winarno, Fathoni

Abstrak – SMT adalah teknologi penyusunan komponen elektronika. Dalam industri manufaktur khususnya di era digital saat ini, SMT (*Surface Mount Technology*) banyak digunakan dalam proses industri karena lebih efisien dan cepat daripada menggunakan proses baku yaitu trough-hole klasik. Oleh karena itu dengan alat oven soldering ini dapat mempermudah dalam pembuatan modul elektronika. Alat ini menggunakan kontrol *Fuzzy Logic* sebagai kontrol suhu pada sistem keseluruhan. Atas dasar tersebut diharapkan dengan kontrol *Fuzzy Logic* dapat menghasilkan kontrol suhu yang lebih stabil untuk proses penyolderan pada komponen-komponen SMD. Pada alat ini untuk kontrollernya menggunakan Atmega 16 dan thermocouple type K sebagai sensor suhunya. Prinsip kerja alat ini menyesuaikan sesuai suhu yang ada pada oven soldering. Apabila setpoint yang dimasukkan 260 maka sistem akan menaikkan suhu dalam oven mulai dari suhu awal atau suhu ruangan sampai mencapai setpoint yang ditentukan. Jika setpoint yang diinginkan tercapai maka langkah selanjutnya masukkan berapa lama waktu yang diinginkan dan komponen SMD yang telah terpasang pada PCB dimasukkan pada oven soldering tersebut. Dan proses akan selesai jika buzzer menyala dan menunjukkan waktu yang telah ditentukan selesai.

Wahyu Tri Wahono adalah Mahasiswa D4 Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, email: wahyutriwahono5@gmail.com.

Totok Winarno adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang

Fathoni adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.

Kata Kunci – SMT, PCB, Fuzzy Logic.

I. PENDAHULUAN

Surface Mount Technology (SMT) adalah suatu cara atau teknologi pemasangan komponen-komponen elektronika pada PCB. Pada jaman yang serba modern ini, teknologi SMT banyak digunakan pada dunia industri. Karena teknologi SMT sangat efisien dan mudah dalam penggunaannya.

Oleh karena itu penulis pada kesempatan kali ini membuat sebuah prototype yaitu oven soldering. Alat tersebut digunakan untuk menyolder komponen-komponen SMD yang telah terpasang pada PCB yang sudah tergambar rangkaian yang sudah jadi. Dengan pengaturan setpoint suhu dan waktu yang

diinginkan maka proses penyolderan komponen SMD dapat dilakukan dengan baik dan cepat.

Untuk mendapatkan suhu sesuai dengan setpoint yang diinginkan maka pada alat ini menggunakan metode *Fuzzy Logic* sebagai kontrol sistem secara keseluruhan. Dengan mencari fungsi keanggotaan yang tepat dan sesuai dengan sistem yang diinginkan. Fungsi keanggotaan yang telah dibuat tersebut dapat dirubah-rubah untuk memperoleh suhu yang diinginkan. Sehingga heater yang digunakan yaitu ceramic heater dapat mengeluarkan panas dan dapat memengaruhi panas yang ada dalam oven soldering tersebut sesuai dengan setpoint yang diinginkan.

Sistem pengontrolan suhu pada alat ini dikontrol dengan Atmega 16 dengan sensor thermocouple type K untuk mengetahui berapa besar suhu pada oven dan ditampilkan besaran suhu yang dibaca oleh sensor kedalam lcd.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengenalan SMT (*Surface Mount Technology*)

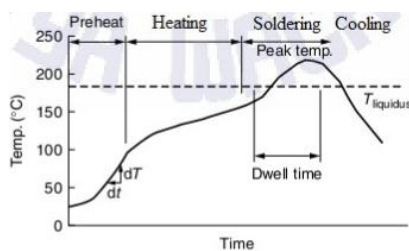
Surface Mount Technology merupakan sebuah perubahan revolusioner dalam industri elektronika. Pada tahun 1960, *Surface Mount Technology* mulai dimintai karena komponen-komponen elektronika dapat ditempatkan pada kedua sisi dari PCB. Tetapi pada saat itu *Surface Mount Technology* belum menjadi pilihan utama pada industri-industri manufacturing sehingga masih kalah bersaing dengan metode *Through Hole Technology*. Akan tetapi seiring berjalannya waktu *Through Hole Technology* mulai mengalami kesulitan dalam memenuhi kebutuhan pasar karena biaya yang digunakan dalam menggunakan metode *Through Hole Technology* tidaklah murah sehingga tergantikan oleh *Surface Mount Technology* yang lebih efisien dan tidak membutuhkan biaya mahal dalam memenuhi kebutuhan pasar elektronika. Dari berbagai macam aspek *Surface Mount Technology* memiliki beberapa kelebihan dan beberapa kelemahan. Berikut ini beberapa kelebihan dan kelemahan dari *Surface Mount Technology*.

Keunggulan Proses SMT adalah:

1. Jarak antar komponen lebih rapat
2. Berkurangnya pembuatan lubang pada PCB
3. Proses pembuatan PCB menjadi lebih cepat dan lebih sederhana.
4. Komponen dapat ditempatkan pada kedua sisi dari PCB.

Kelemahan Proses SMT adalah:

1. Komponen SMT tidak dapat langsung dipakai di *protoboard*, harus dengan PCB *prototype* rancangan sendiri.
 2. Tidak cocok untuk pemakaian daya besar dan tegangan tinggi.
- 4 karakteristik pemanasan untuk penyolderan komponen SMD :
1. Jenis pemanasan *Infrared*
Keunggulan perpindahan panasnya sangat cepat, memiliki jangkauan temperature yang lebar, sedangkan kelemahan perbedaan permukaan dan warna benda yang dipanaskan mengakibatkan pemanasan menjadi tidak linier. Suhu *infrared* melebihi suhu maksimum dari soldr pasta. Sulit untuk memonitor suhu *infrared*.
 2. Jenis pemanasan *Vapor phase*
Keunggulan perpindahan pans pada setiap bahan yang dipanaskan adalah sama, dapat ditentukan batasan suhunya dan pemulihan panas yang cepat, sedangkan kelemahan aliran panas sangat cepat dapat mengakibatkan kerusakan pada beberapa komponen dan bahan.
 3. Jenis pemanasan *Convection*
Keunggulan panas yang diserap oleh setiap bahan adalah sama, perpindahan panas yang lambat meminimalisir kerusakan pada komponen, sedangkan kelemahannya perpindahan panas dan penurunan suhu pada saat *cooling* sangat lambat.
 4. Jenis pemanasan *In-line-conduction*
Keunggulan tidak peka terhadap kapasitas kalor dari komponen, pemeliharaan yang mudah, kelemahannya tidak dianjurkan untuk penyolderan pada 2 sisi PCB.



Gambar 2.1 Proses pemanasan dan penyolderan

Secara umum gambar 2.1 adalah proses pemanasan dan penyolderan terdiri dari 4 tahap yaitu:

1. *Pre-heat*
 - Merupakan pemanasan awal dari suhu normal ke suhu yang dikehendaki.
 - Bertujuan untuk menghindari kerusakan komponen dan PCB akibat temperature terlalu besar, serta menjaga agar tidak terjadi perubahan perilaku dari kenaikan suhu yang cepat pada pasta solder.

2. *Heating*
 - Suhu saat proses pemanasan berkisaran antara 150°C-200°C.
 - Bertujuan untuk menguapkan pelarut timah pasta
3. *Soldering*
 - Proses dimana suhu maksimum tercapai
 - Suhu berkisaran antara 230°C - 260°C dengan lama proses penyolderan berkisar antara 5 – 10 detik. Sesuai dengan karakteristik komponen SMD tersebut.
 - Bertujuan untuk membuat pasta solder benar-benar mencair
4. *Cooling*
 - Merupakan proses pemadatan atau mendinginkan kembali timah pasta solder

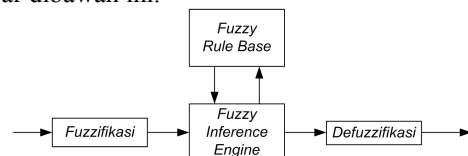
2.2 Fuzzy Logic

Konsep Logika Fuzzy (*Fuzzy Logic*) pertama kali diperkenalkan oleh seorang Professor bernama Lotfi A. Zadeh dari Universitas California, pada tahun 1965. Logika Fuzzy merupakan generalisasi dari Logika Klasik yang hanya memiliki dua nilai keanggotaan, yaitu 0 dan 1. Pada Himpunan Fuzzy nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 (nol) sampai dengan 1 (satu). Apabila x memiliki nilai keanggotaan Fuzzy $\mu_A(x) = 0$ berarti x tidak menjadi anggota himpunan A , demikian pula apabila x memiliki nilai keanggotaan Fuzzy $\mu_A(x) = 1$ berarti x menjadi anggota penuh pada himpunan A . (Kusumadewi dan Hartati,2006).

Himpunan Fuzzy memiliki dua atribut, yaitu Linguistik dan Numeris. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang memiliki suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami. Sedangkan Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel. (Wang, 1997).

1. Struktur Dasar Logika Fuzzy

Struktur dasar sistem Fuzzy dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Struktur Dasar Sistem Fuzzy

- a. Fuzzifikasi
Fuzzifikasi adalah proses yang dilakukan untuk mengubah variabel nyata menjadi variabel *fuzzy*, ini ditujukan agar masukan

kontroler *fuzzy* bisa dipetakan menuju jenis yang sesuai dengan himpunan *fuzzy*. Terdapat beberapa jenis penggambaran fungsi keanggotaan, antara lain Gaussian, Segitiga, Trapesium, dan Bahu.

- b. Fuzzy Rule Base
Merupakan kaidah dasar yang berisi aturan-aturan secara linguistik yang menunjukkan kepakaran terhadap plant. Format yang paling umum ialah format IF-THEN, format hubungan dan format tabular.
- c. Interferensi Fuzzy Logic
Inferensi *fuzzy* adalah sebuah proses formulasi pemetaan masukan terhadap keluaran dengan menggunakan logika *fuzzy*. Proses dari inferensi *fuzzy* melibatkan fungsi keanggotaan operator logika *fuzzy*, dan aturan IF-THEN. Terdapat dua metode inferensi yang paling dikenal yaitu metode mamdani dan takagi-sugeno.
- d. Defuzzifikasi
Defuzzifikasi merupakan cara untuk mendapatkan nilai tegas dari nilai *fuzzy* secara representatif. Secara mendasar *defuzzifikasi* adalah pemetaan dari ruang aksi kendali *fuzzy* yang didefinisikan dalam semesta pembicaraan keluaran ke dalam ruang aksi kendali nyata (non *fuzzy*). Proses ini berfungsi untuk menentukan suatu nilai *crisp output*.

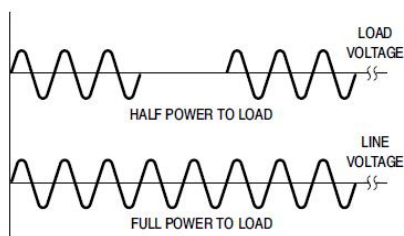
Metode dalam melakukan *defuzzifikasi* yang paling umum digunakan antara lain :

1. Metode Largest Of Maximum (LOM)
Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.
2. Metode Titik Tengah (*Center Of Area*)
Metode ini juga disebut pusat area. Metode ini lazim dipakai dalam proses defuzzyfikasi. Metode ini diekspresikan dengan persamaan:

$$Z^* = \frac{\int \mu_c(z)zdz}{\int \mu_c(z)zdz}$$

2.3 Kontrol Zero Point Switching

Zero-point switches sangat berguna dalam banyak aplikasi karena tidak menghasilkan elektro magnetik interference (EMI). A zero-point switch mengontrol daya gelombang sinus sedemikian rupa, baik siklus penuh atau setengah siklus tegangan listrik yang diterapkan untuk beban seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.

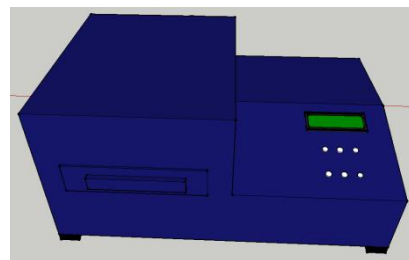


Gambar 2.3 Sine Wave Showing Principles of Zero-Point Switching

Jenis switching ini terutama digunakan untuk mengendalikan daya untuk beban resistif seperti pemanas. Hal ini juga dapat digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor jika duty cycle dimodulasi setelah *short bursts* dari daya yang diterapkan ke beban dan karakteristik beban lebih inersia daripada gesekan. Proses perubahan suatu gelombang periodik dapat secara acak dengan kontrol on-off, atau secara proportioning dengan jenis kontrol yang tepat lainnya. Agar zero point switching menjadi effective, hal itu harus tepat pada titik nol dari zero point switching.

III. METODOLOGI

3.1 Perancangan mekanik

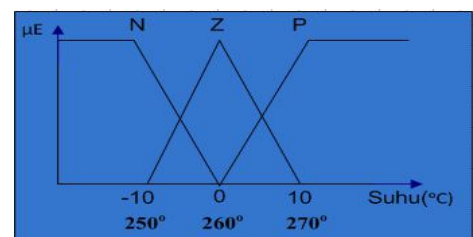


Gambar 3.1 desain mekanik oven soldering tampak depan

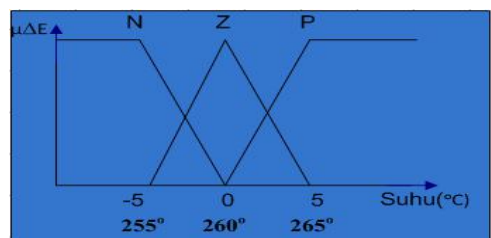
3.2 Perancangan Logika Fuzzy

Pada penelitian ini sistem kontrol logika fuzzy terdiri atas dua inputan yaitu nilai *error*(E) dan $\Delta error$ (dE) dengan outputan yaitu dalam bentuk tegangan yang digunakan untuk mengatur besarnya panas pada heater.

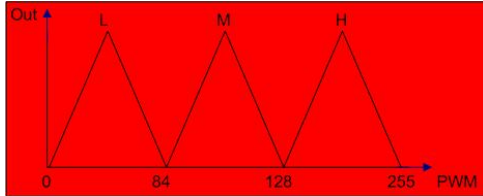
- a. Fungsi keanggotaan masukan dan keanggotaan keluaran



Gambar 3.2 Fungsi keanggotaan Error



Gambar 3.3 Fungsi keanggotaan Δ Error



Gambar 3.4 Fungsi keanggotaan Output

b. Perancangan Rule Base

Fuzzy Rule Base berisi pernyataan-pernyataan logika fuzzy, *Fuzzy Rule Base* berbentuk pernyataan format tabular yang menyatakan pernyataan kondisi. Penyusunan *Fuzzy Rule Base* ini sangat berpengaruh pada tahap pengambilan keputusan yang dilakukan oleh *plant*. Berdasarkan pada basis aturan fuzzy pada proses perancangan judul ini aturan fuzzy dibuat dengan menggunakan metode *Largest Of Maximum* (LOM).

Tabel 1. Perancangan Rule Base

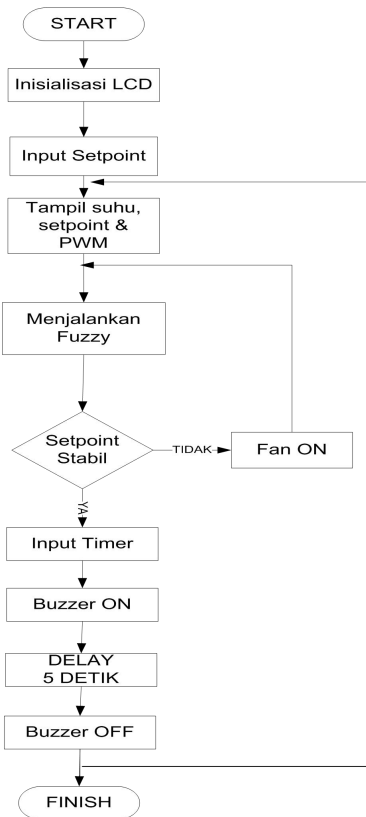
$E \setminus dE$	N	Z	P
N	H	H	M
Z	H	M	L
P	M	L	L

Dari Tabel 1 Aturan Fuzzy dapat dijabarkan seperti berikut :

1. Jika Error Negatif dan Δ Error Negatif, maka output High
2. Jika Error Negatif dan Δ Error Zero, maka output High
3. Jika Error Negatif dan Δ Error Positif, maka output Medium
4. Jika Error Zero dan Δ Error Negatif, maka output High
5. Jika Error Zero dan Δ Error Zero, maka output Medium
6. Jika Error Zero dan Δ Error Positif, maka output Low
7. Jika Error Positif dan Δ Error Negatif, maka output Medium
8. Jika Error Positif dan Δ Error Zero, maka output Low
9. Jika Error Positif dan Δ Error Positif, maka output Low

3.3 Perancangan Program Kendali Fuzzy Logic

Proses kendali fuzzy logic dilakukan oleh program dengan bahasa C dengan menggunakan atmel studio 4. Pada program tersebut melakukan pembacaan data dari ADC yang kemudian membandingkan besaran suhu yang dibaca oleh thermocouple type K dengan set point yang dimasukkan. Setelah itu dilakukan proses fuzzy inference yang meliputi fuzzifikasi, evaluasi rule dan defuzzifikasi. Dari hasil tersebut dioutputkan untuk mengendalikan besaran suhu pada heater. Respon pada sistem ditampilkan pada gambar . Dan untuk diagram alir program kendali fuzzy logic dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Flow Chart Program

3.5 Perancangan Rangkaian Driver Motor

Pengontrolan Suhu digunakan agar nilai suhu dapat sesuai dengan nilai *set point* yang ditentukan. Ketika suhu melebihi nilai *set point*, maka kontrol suhu akan menurunkan daya heater dengan mengatur besar pwm penyalan rangkaian pengontrol suhu.

Dalam merancang rangkaian driver heater harus memperhatikan beban yang akan digunakan. Pada sistem ini, heater yang digunakan memiliki daya sebesar 800 Watt dan tegangan sumber 220 V_{AC}. Oleh karena itu driver heater ini harus mampu dibebani arus sebesar 3,63 A.

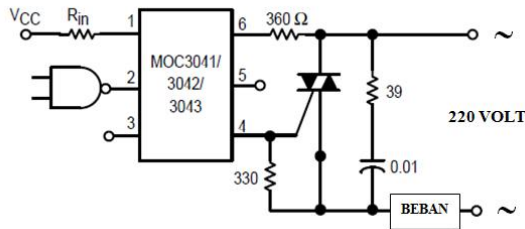
Dan untuk lebih jelasnya berikut adalah gambar rangkaian driver heater.

$$P = V \times I$$

$$800 = 220 \times I$$

$$I = \frac{800}{220}$$

$$I = 3,63A$$



Gambar 3.6 Rangkaian Driver Heater

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian sensor suhu *thermocouple type K*

Pengujian thermocouple dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan dengan thermometer. Pengujian dilakukan berdasarkan kenaikan perubahan suhu .

Tabel 2. Hasil pengujian *Thermocouple type K*

No	Sensor suhu	<i>thermometer</i>	<i>Error (%)</i>
1	30	30	0
2	50	50	0
3	60	61	1,6
4	70	71	1,4
5	80	85	6,2
6	90	91	1,1
7	95	95	0
8	100	101	1
9	130	136	4,6
10	150	155	3,3
11	175	177	1,1
12	200	203	1,5
13	250	252	0,8
14	280	280	0
15	300	300	0

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembacaan thermocouple masih memiliki error rata-rata 1,9%, namun error masih terbilang kecil sehingga thermocouple masih dapat digunakan sebagai sensor suhu.

4.2 Pengujian sistem

Penyolderan dilakukan dengan mengambil data sampel dari pembuatan rangkaian running led, dari percobaan tersebut diuji terhadap suhu dan waktu sesuai setpoint saat proses penyolderan. Hasil pengujian sistem dapat dilihat pada Gambar 4.1. Dan dengan suhu 260 dihasilkan analisa sebagai berikut:

1. Waktu tunda (delay time) = 8 menit.

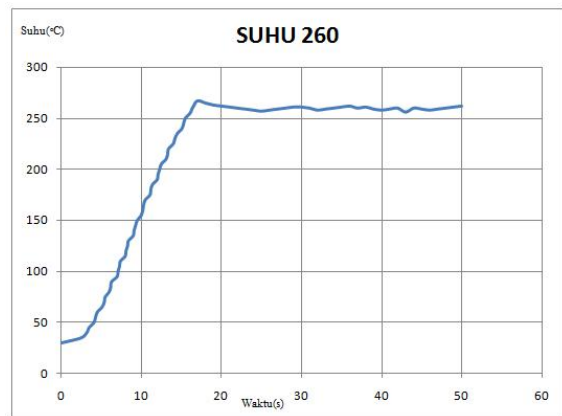
2. Waktu naik (rise time) = 16 menit.
3. Waktu puncak (peak time) = 17 menit.
4. Overshoot maksimum (maximum overshoot) = 2,7%

$$Mo = \frac{C(tp) - C(\infty)}{C(\infty)}$$

$$Mo = \frac{267 - 260}{260} \times 100\% = 2,7\%$$


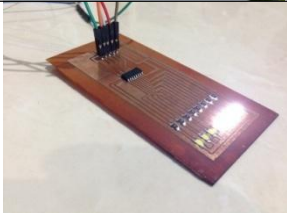
5. Waktu settling (settling time) = 20 menit.

Dan untuk hasil penyolderan bisa dilihat pada tabel 3.



Gambar 4.1 Grafik Pengujian Sistem Dengan Suhu 260

Tabel 3. hasil penyolderan komponen SMD

No	Suhu	Waktu (detik)	Hasil percobaan
1	260°	45	
			

Dari hasil percobaan pada Tabel 2 diatas dapat dianalisa bahwa pengovenan dengan suhu 260 menunjukkan hasil penyolderan yang bagus akan tetapi pada lama waktu pengovenan tidak sesuai dengan datasheet pada komponen. Itu semua bisa disebabkan oleh beberapa macam faktor diantara penempatan heater pada tempat oven yang tidak

sesuai pada tempatnya, jenis timah pasta yang digunakan memiliki lama pelelehan yang berbeda-beda dan juga bisa jadi membutuhkan suatu udara panas yang ditiupkan pada komponen secara langsung sehingga untuk melelehkan timah pasta lebih cepat.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan menganalisisnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Dengan menggunakan kontrol logika fuzzy, respon suhu yang dihasilkan mampu menstabilkan suhu yang diinginkan
2. Sesuai hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan suhu 260° dan 300° menunjukkan hasil penyolderan yang baik. Yaitu tidak terlalu lama dan juga tidak merusak komponen, meskipun tidak sesuai dengan waktu penyolderan yang ada di datasheet tiap komponen.
3. Untuk menggunakan suhu yang terbaik yaitu 260° karena sesuai dengan batasan maksimum seluruh komponen SMD.

B. Saran

1. Sebaiknya untuk tempat oven disamakan atau mencari referensi dengan cara pengovenan di industri supaya proses lama pemanasan komponen sesuai dengan datasheet komponen yang digunakan.
2. Pada skripsi ini dapat menggunakan metode kontrol lainnya selain PID dan Logika Fuzzy.

- Jurusan Teknik Elektro dan Komputer. Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga.
- Kusumadewi, Sri., Hartati, Sri., 2006, Neuro-Fuzzy, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Meisyaroh, Ika Dewi (2014). "*Pengontrolan Suhu Steamer Kerupuk Bawang Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani*". Skripsi Jurusan Teknik Elektro. Politeknik Negeri Malang.
- On Semiconductor (2006). "Thyristor Theory and Design Considerations".
- Priambhodo, Bagus. (2012). "*Rancang Bangun Modul Lab Elektronika Digital Berbasis Komponen Surface Mount Device (SMD)*". Skripsi Jurusan Teknik Elektro. Politeknik Negeri Malang.
- Putra, Lukman Aditya. (2015). "*Perancangan Oven Untuk Penyolderan PCB Pada Proses SMT (Surface Mount Technology) Dengan Pengaturan Suhu Dan Waktu*". Jurnal Jurusan Teknik Elektro. Politeknik Negeri Malang.
- Wang, L. X., 1997, A Course in Fuzzy System & Control, Printice-Hall International, Inc., New Jersey

DAFTAR PUSTAKA

- Hasudungan, Aldo Bona (2012). "*Rancang Bangun Infrared Reflow Soldering Berbasis Mikrokontroler*". Skripsi