



**AUTOMATISASI SISTEM SPRAY COATING DENGAN  
TRANSDUSER PIEZOELEKTRIK UNTUK PELAPISAN  
PERMUKAAN SENSOR QCM (QUARTZ CRYSTAL  
MICROBALANCE)**

**SKRIPSI**

Oleh:

**IZZAH DINILAH**  
**125090800111016**



**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2016**



**AUTOMATISASI SISTEM SPRAY COATING DENGAN  
TRANSDUSER PIEZOELEKTRIK UNTUK PELAPISAN  
PERMUKAAN SENSOR QCM (QUARTZ CRYSTAL  
MICROBALANCE)**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Sains dalam bidang Fisika

Oleh:

**IZZAH DINILAH  
125090800111016**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2016**



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**AUTOMATISASI SISTEM SPRAY COATING DENGAN  
TRANSDUSER PIEZOELEKTRIK UNTUK PELAPISAN  
PERMUKAAN SENSOR QCM (*QUARTZ CRYSTAL  
MICROBALANCE*)**

Oleh:

**IZZAH DINILAH**

**125090800111016**

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji  
pada tanggal .....  
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang fisika

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Dr. Ing. Setyawan P.S, M.Eng**

**NIP. 196508251990021001**

**Dr. Eng. Agus Naba, MT., PhD**

**NIP. 197208061995121001**

Mengetahui,  
**Ketua Jurusan Fisika**

**Sukir Maryanto, S.Si., M.Si., Ph.D**

**NIP. 197106211998021001**



## LEMBAR PERNYATAAN

**Saya yang bertanda tangan di bawah ini:**

**Nama** : Izzah Dinilah

**NIM** : 12090800111016

**Jurusan** : Fisika

**Penulis Skripsi berjudul:**

**AUTOMATISASI SISTEM SPRAY COATING DENGAN  
TRANSDUSER PIEZOELEKTRIK UNTUK PELAPISAN  
PERMUKAAN SENSOR QCM (QUARTZ CRYSTAL  
MICROBALANCE)**

**Dengan ini menyatakan bahwa :**

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang. Nama-nama yang tercantum di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Skripsi ini digunakan sebagai referensi pendukung dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

**Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.**

**Malang,**

**Yang menyatakan,**

**Izzah Dinilah**  
**NIM. 12090800111016**





# AUTOMATISASI SISTEM *SPRAY COATING* DENGAN TRANSDUSER PIEZOELEKTRIK UNTUK PELAPISAN PERMUKAAN SENSOR QCM (*QUARTZ CRYSTAL MICROBALANCE*)

## ABSTRAK

Sensor QCM (*Quartz Crystal Microbalance*) adalah salah satu sensor piezoelektrik yang digunakan untuk pengukuran perubahan massa dengan orde mikrogram. Sensor QCM harus dilapisi terlebih dahulu karena memiliki sifat mudah teroksidasi dan permukaannya tidak rata. Teknik pelapisan yang digunakan umumnya yaitu *spin coating* dan *spray coating*. *Spray coating* yang telah ada menggunakan *shutter* dan menghasilkan permukaan lapisan yang masih kasar, sehingga digunakan metode lain yaitu atomisasi.

Metode pada *atomizer spray coater* yang telah dibuat menggunakan transduser piezoelektrik yang dapat menghasilkan proses atomisasi sehingga larutan *polystyrene* 3 % dapat melapisi sensor QCM yang berada di atas transduser piezoelektrik. Tegangan yang diberikan ke transduser piezoelektrik diatur dengan potensiometer. *Atomizer spray coater* yang telah dibuat dikontrol dengan mikrokontroler PIC18F45K50. Sebagai masukan waktu lama penyemprotan digunakan *keypad* 3x4 dan untuk menampilkan informasi digunakan LCD 16x2. Untuk menghubungkan transduser piezoelektrik ke mikrokontroler digunakan rangkaian *relay*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembuatan *Atomizer spray coater* ini dapat digunakan untuk melapisi permukaan sensor QCM. Hasil uji mikroskop optik dapat dilihat bahwa permukaan yang dihasilkan dengan variabel waktu dan tegangan ada yang belum merata sepenuhnya pada permukaan sensor QCM. Ketebalan yang dihasilkan tidak teratur.

Kata kunci: *Quartz Crystal Microbalance* (QCM), *Spray coating*, atomisasi, transduser piezoelektrik



# AUTOMATION SPRAY COATING SYSTEMS WITH PIEZOELECTRIC TRANSDUCER FOR SURFACE COATING OF QCM (QUARTZ CRYSTAL MICROBALANCE) SENSOR

## ABSTRACT

QCM (Quartz Crystal Microbalance) sensor is one of a piezoelectric sensor which can be used to measure the change of mass in micrograms. The surface of QCM sensor is easy to oxidize and also has a rough surface, therefore the sensor surface must be coated first. There are two types of the coating technique, spin coating and spray coating. The current spray coating uses a shutter method, the results showed that the coating produced is not a homogenous. So, in this work we used the atomization method.

Atomizer spray coater has been designed using a piezoelectric transducer, that can produce the atomization process. The voltage of piezoelectric transducer can be controlled by potentiometer with the microcontroller PIC18F45K50 as control system. Atomizer spray coater consists of keypad 3x4 for input the time reference and LCD 16x2 for information display. The minimum system of microcontroller and piezoelectric transducer has been connected with relay circuits.

The results showed that the atomizer spray coater system can be used to coat the surface of QCM. Optical microscopy test showed that the result of coating surface are not evenly distributed entirely, so the resulting thickness is not homogenous.

**Keywords:** Quartz Crystal Microbalance (QCM), Spray coating, atomization, piezoelectric transducer



## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur senantiasa penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang Maha Esa atas segenap rahmat dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul “AUTOMATISASI SISTEM *SPRAY COATING* DENGAN TRANSDUSER PIEZOELEKTRIK UNTUK PELAPISAN PERMUKAAN SENSOR QCM (*QUARTZ CRYSTAL MICROBALANCE*)” sehingga dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains dalam bidang Fisika di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.

Penulisan tugas akhir ini disusun sebagai hasil dari pelaksanaan penelitian tugas akhir di Laboratorium Instrumentasi dan Pengukuran Universitas Brawijaya dan Laboratorium Material Universitas Brawijaya, yang dilaksanakan sejak bulan Maret sampai dengan bulan September 2016. Penulis ucapkan terimakasih pada pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, saran dan kritik baik selama pelaksanaan penelitian tugas akhir maupun dalam penyusunan tugas akhir ini, sehingga pada kesempatan ini penulis ucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan nikmat dan rahmatnya sehingga penulis dapat mengerjakan tugas akhir ini sampai selesai.
2. Ayah dan Ibu tercinta, Ton Iman Pribadi dan Rahayu Sunarti yang menjadi motivasi dan selalu mendoakan untuk kelancaran tugas akhir.
3. Bapak Dr. Ing. Setyawan P.S, M. Eng, sebagai pembimbing I atas segala bentuk bimbingan yang beliau berikan selama penyusunan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Eng. Agus Naba, MT., PhD sebagai pembimbing II atas segala bentuk bimbingan yang beliau berikan selama penyusunan tugas akhir.
5. Bapak Sukir Maryanto, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA.

6. Bapak dan ibu dosen, staf pengajar, laboran, dan karyawan jurusan fisika.

7. Teman-teman satu bimbingan tugas akhir, mas Rida, mas Lalu, mas Imron, Nilam, Sahori, Faqeh, Rika, Miranti, Ikhwan, Aisyah, Herlina, Pramudika, Dedy yang selalu memotivasi dan mendukung dalam tugas akhir.

8. Abim Garcia Yoga Hidayat, yang selalu mendukung baik kelancaran pelaksanaan tugas akhir.

9. Teman-teman prodi Instrumentasi angkatan 2012 yang selalu mendukung dalam mengerjakan tugas akhir.

10. Semua rekan-rekan mahasiswa Jurusan Fisika Universitas Brawijaya.

11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, atas bantuannya baik tenaga, fisik, maupun pikiran selama penyusunan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan ini tidak sempurna dan masih memiliki kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak untuk dapat menyempurnakan laporan penyusunan tugas akhir ini dan untuk pembelajaran selanjutnya. Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat untuk sebagai mestinya.

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Quartz Crystal Microbalance (QCM).....	5
2.2 Lapisan Tipis.....	6
2.3 Spray Coating.....	8
2.3 Ultrasonic Atomization.....	10
2.3.1 Transduser Piezoelektrik.....	11
2.4 Keypad.....	12
2.5 LCD.....	15
2.6 Mikrokontroler PIC18F45K50.....	15
2.6 Relay.....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>19</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
3.2 Tahap Penelitian.....	19
3.3 Rancangan Penelitian.....	20
3.3.1 Perancangan dan Pembuatan Sistem Elektronik.....	21
3.3.2 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler 18F45K50.....	22
3.3.3 Rangkaian Catu Daya.....	24
3.3.4 Rangkaian Relay.....	25



3.3.5 Rancangan Program Mikrokontroler.....	26
3.3.6 Rancangan dan Pembuatan Dudukan untuk Sensor QCM.....	28
3.3.7 Rancangan dan Pembuatan <i>Atomizer Spray Coating</i> .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>33</b>
4.1 Pengujian Sistem.....	33
4.1.1 Pengujian <i>Keypad</i> .....	33
4.1.2 Pengujian LCD.....	34
4.1.3 Pengujian Rangkaian <i>Relay</i> .....	35
4.1.4 Pengujian Waktu <i>Delay</i> .....	36
4.2 Pengambilan Data.....	37
4.2.1 Pengaruh Perubahan Tegangan Terhadap Ketebalan Lapisan dan Penyebaran <i>Polystyrene</i> Di Permukaan Sensor QCM.....	37
4.2.2 Pengaruh Waktu Pelapisan Terhadap Ketebalan Lapisan Penyebaran <i>Polystyrene</i> Di Permukaan Sensor QCM.....	44
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>51</b>
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>57</b>





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 a) Struktur dari sensor QCM. b) Kristal Bergetar pada mode <i>shear-thickness</i> (Ramansuri dkk,2009),.....	5
Gambar 2. 2 Proses Pelapisan Polimer pada Sensor QCM dilakukan dengan cara penyemprotan ( <i>spray</i> ) pada kristal kuarsa(Jie,2006). .....	7
Gambar 2. 3 Proses Cairan yang Teratomisasi(Graco,1995) .....	8
Gambar 2. 4 Ilustrasi Penyemrotan dengan Tekanan dan Viskositas Cairan Konstan(Graco,1995).....	9
Gambar 2. 5 Ilustrasi Penyemprotan dengan Ukuran Jarum <i>Sprayer</i> dan Viskositas Cairan Konstan(Graco,1995).....	9
Gambar 2. 6 Ilustrasi Penyemprotan dengan Ukuran Jarum dan Tekanan cairan konstan(Graco,1995) .....	9
Gambar 2. 7 Gambar proses atomizaation pada <i>ultrasonic nozzels</i> (Corporation Sono-Tek,2012).....	11
Gambar 2.8 Fenomena piezoelektrik(Tole 2005).....	12
Gambar 2. 9 <i>Keypad</i> Membran 3x4(Parallax,2014).....	13
Gambar 2. 10 Rangkaian Penghubung Mikrokontroler dan <i>Keypad</i> (Behbehani,2012).....	14
Gambar 2. 11 Pin Diagram PIC18F45K50(Microchip,2012).....	16
Gambar 2. 12 <i>Relay yang Tersedia di Pasaran</i> (Wicaksono 2009) ..	17
Gambar 2. 13 Skema <i>Relay</i> Elektromekanik(Wicaksono 2009).....	18
Gambar 3. 1 Blok Diagram Penelitian .....	21
Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem Elektronik.....	22
Gambar 3. 3 Skematik Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler PIC18F45K50 .....	23
Gambar 3. 4 Skematik Rangkaian Catu Daya untuk Mikrokontroler .....	24
Gambar 3. 5 Skematik Rangkaian <i>Relay</i> .....	25
Gambar 3. 6 Diagram Alur Program Penelitian.....	26
Gambar 3. 7 Dudukan Sensor QCM .....	29
Gambar 3. 8 Diagram Alur Pelapisan Permukaan Sensor QCM.....	30
Gambar 3. 9 Diagram Alur Untuk Pengambilan Data Hasil Pelapisan .....	31
Gambar 4. 1 Hasil Pengujian LCD.....	35
Gambar 4. 2 Rangkaian Pengujian <i>Relay</i> dengan Masukan Logika 0 .....	35



Gambar 4. 3 Rangkaian Pengujian *relay* dengan Masukan Logika 1 ..... 36

Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Ketebalan pada Sensor Q1 ..... 38

Gambar 4. 5 Morfologi permukaan sensor QCM untuk Pengaruh Tegangan Terhadap Ketebalan pada Sensor Q1 ..... 39

Gambar 4. 6 Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Ketebalan Lapisan Pada Sensor Q2 ..... 40

Gambar 4. 7 Morfologi permukaan sensor QCM untuk Pengaruh Tegangan Terhadap Ketebalan pada Sensor Q2 ..... 41

Gambar 4. 8 Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Ketebalan Lapisan Pada Sensor Q3 ..... 42

Gambar 4. 9 Morfologi permukaan sensor QCM untuk Pengaruh Tegangan Terhadap Ketebalan pada Sensor Q3 ..... 43

Gambar 4. 10 Grafik Pengaruh Waktu Lamanya Penyemprotan Terhadap Ketebalan Lapisan Pada Sensor Q1 ..... 44

Gambar 4. 11 Morfologi permukaan sensor QCM untuk Pengaruh Waktu Lamanya Penyemprotan Terhadap Ketebalan pada Sensor Q1 ..... 45

Gambar 4. 12 Grafik Pengaruh Waktu Lamanya Penyemprotan Terhadap Ketebalan Lapisan Pada Sensor Q2 ..... 46

Gambar 4. 13 Morfologi permukaan sensor QCM untuk Pengaruh Waktu Lamanya Penyemprotan Terhadap Ketebalan pada Sensor Q2 ..... 47

Gambar 4. 14 Grafik Pengaruh Waktu Lamanya Penyemprotan Terhadap Ketebalan Lapisan Pada Sensor Q3 ..... 47

Gambar 4. 15 Morfologi permukaan sensor QCM untuk Pengaruh Waktu Lamanya Penyemprotan Terhadap Ketebalan pada Sensor Q3 ..... 48



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan Pin pada Keypad(Behbehani,2012).....13

Tabel 2.2 Fungsi Pin pada LCD(Vishay,2016).....15

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Keypad.....33

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Delay.....37



### DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. 1 Program Sistem Terkontrol .....	57
Lampiran B. 1 Data Pelapisan dengan Waktu 1 detik .....	61
Lampiran B. 2 Data Pelapisan dengan Waktu 2 detik .....	61
Lampiran B. 3 Data Pelapisan dengan Waktu 3 detik .....	62
Lampiran C. 1 Gambar Alat <i>Atomizer Spray Coating</i> .....	63
Lampiran C. 2 Gambar Sensor QCM yang Digunakan .....	63
Lampiran C. 3 Gambar Rangkaian Untuk Mengukur Frekuensi .....	64
Lampiran D. 1 Data Sheet Mikrokontroler PIC18F45K50 .....	66
Lampiran D. 2 DataSheet Transduser Piezoelektrik .....	67

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman saat ini memiliki dampak yang signifikan pada perkembangan teknologi di bidang sensor. Salah satu sensor yang dapat dikembangkan adalah sensor *Quartz Crystal Microbalance* (QCM). Sensor QCM adalah salah satu sensor yang digunakan untuk pengukuran perubahan massa dengan orde mikrogram. Prinsip kerja dari sensor QCM yaitu dengan mengukur perubahan pergeseran frekuensi pada resonator kristal kuarsa. Perubahan frekuensi terjadi akibat adanya penambahan massa pada kristal kuarsa (Sauerbrey, 1959).

Dalam aplikasinya sebagai sensor, QCM harus dilapisi terlebih dahulu karena memiliki sifat mudah teroksidasi dan permukaannya tidak rata. Sehingga dibutuhkan pelapisan pada sensor QCM (Sakti dkk, 1999). Tebal dan homogenitas lapisan ini mempengaruhi sensitivitas dan kestabilan sensor QCM sehingga perlu dibuat suatu teknik pelapisan yang dapat menghasilkan suatu lapisan yang diinginkan sesuai kebutuhan.

Pada umumnya penelitian mengenai pelapisan pada kristal kuarsa digunakan teknik *spin coating* dan *spray coating*. Pada penelitian tahun 2013 oleh Hudha, *spin coater* dibuat menggunakan motor DC untuk proses pelapisan. Teknik lain yang digunakan adalah *spray coating*. Pada penelitian yang lain *spray coater* yang ada dibuat dengan *shutter* yang terdiri dari *airbrush* dan *nozzle* untuk mengontrol larutan *spray* (Wijayanto, 2012). *Spray coating* memiliki beberapa keuntungan yaitu proses pelapisan lebih cepat dibandingkan dengan teknik yang lain seperti *spin coating*, kualitas lapisan yang baik, dan dapat digunakan untuk berbagai lapisan bahan (Graco, 2010). Material yang di dapat dideposisikan oleh *spray coating*. Sejauh ini perangkat yang dibuat oleh *spray coating* biasanya memiliki efisiensi yang lebih rendah daripada yang dibuat oleh *spin coating* ataupun dengan metode lainnya (Eslamian, 2014). Dalam penelitian ini dilakukan pengembangan tentang teknik pelapisan menggunakan sistem *spray*

coating dengan transduser piezoelektrik. Getaran yang dihasilkan oleh transduser piezoelektrik dapat memecah suatu larutan sehingga dapat teratomisasi dan menghasilkan permukaan yang lebih halus. Molekul yang teratomisasi dapat terdeposisi pada permukaan sensor QCM, sehingga transduser piezoelektrik dapat dikendalikan untuk pelapisan sensor QCM.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan pokok-pokok masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara merancang dan membuat sistem *spray coating* dengan mengendalikan transduser piezoelektrik secara otomatis sehingga dapat melapisi sensor QCM?
- a. Bagaimana hubungan antara waktu lamanya penyemprotan dan tegangan dengan ketebalan lapisan serta penyebaran *polystyrene* di permukaan sensor QCM menggunakan teknik *atomizer spray coating*?

## 1.3 Batasan Masalah

Supaya ruang lingkup pada penelitian ini lebih jelas, maka pada penelitian ini dibuat batasan masalah sebagai berikut :

- a. Alat yang dibuat berbasis mikrokontroler *Microchip PIC18F45K50*.
- b. Tegangan yang diberikan ke transduser piezoelektrik diatur manual dengan potensiometer.
- c. Pada Penelitian ini variabel lama *spray* dikontrol secara otomatis.
- d. Pada penelitian ini tidak dilakukan pengamatan yang lebih mendalam terkait karakteristik hasil dari lapisan dan karakteristik molekul pada saat pelapisan.
- e. Pada penelitian ini hanya menggunakan *polystyrene* yang dilarutkan pada larutan toluen untuk melapisi kristal kuarsa.

- f. Karakteristik larutan polimer pada penelitian ini tidak dibahas.
- g. Alat yang dibuat dibatasi penggunaannya hanya untuk keperluan pelapisan pada permukaan sensor QCM.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang ingin dicapai yaitu:

- b. Merancang dan membuat sistem *spray coating* dengan mengendalikan transduser piezoelektrik secara otomatis sehingga dapat melapisi sensor QCM.
- c. Mengetahui hubungan antara waktu lamanya penyemprotan dan tegangan dengan ketebalan lapisan serta penyebaran *polystyrene* di permukaan sensor QCM menggunakan teknik *atomizer spray coating*.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan:

- a. Dapat menggunakan sistem *spray coating* dengan mengendalikan transduser piezoelektrik sehingga dihasilkan lapisan yang lebih merata.
- b. Dapat mendukung pengembangan penelitian sensor QCM.

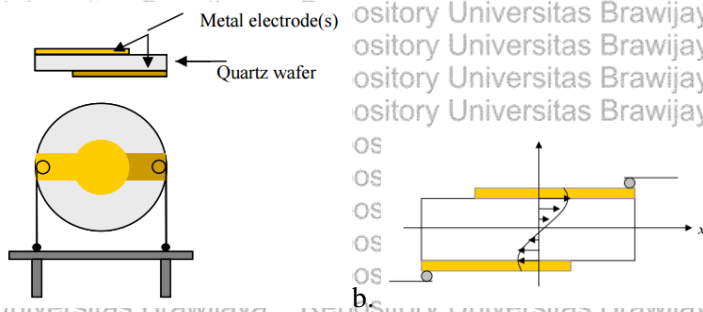




## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Quartz Crystal Microbalance* (QCM)

Sensor *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) adalah sensor piezoelektrik yang dapat mendeteksi perubahan massa. Sensor QCM memiliki sensitivitas yang tinggi yaitu dengan orde mikrogram. Beberapa aplikasi dari sensor QCM diantaranya pada bidang pengukuran lapisan tipis, analisis kimia, pengukuran sensor gas, pengukuran sensor kelembaban, dan biosensor (Jaruwongrunsee dkk,2009). Sensor QCM terdiri dari kristal kuarsa yang diapit oleh elektroda di kedua sisinya. Prinsip kerja dari sensor QCM adalah dengan mengukur perubahan pergeseran frekuensi yang terjadi pada kristal kuarsa akibat adanya penambahan massa pada permukaan sensor QCM (Sauerbrey,1959).



**Gambar 2. 1** a) Struktur dari sensor QCM. b) Kristal Bergetar pada mode *shear-thickness* (Ramansuri dkk,2009).

Untuk mengetahui penambahan massa yang terjadi pada permukaan kristal kuarsa maka dapat digunakan persamaan Sauerbrey :

$$\Delta f = -\frac{2\Delta m f_0^2}{A\sqrt{\rho_q \mu_q}} \quad (2.1)$$

dimana  $\Delta f$  adalah perubahan frekuensi yang terjadi pada kristal kuarsa,  $f_0$  adalah frekuensi resonansi dasar dari kristal kuarsa,  $\Delta m$  adalah penambahan massa yang terjadi pada permukaan kristal kuarsa,  $\mu_q$  adalah modulus geser dari kristal kuarsa, dan  $\rho_q$  adalah massa jenis dari kristal kuarsa (Chang and Zhao 2008). QCM harus dilapisi terlebih dahulu karena memiliki sifat mudah teroksidasi dan permukaannya tidak rata. Sehingga dibutuhkan pelapisan pada sensor QCM (Sakti dkk, 1999).

Menentukan ketebalan lapisan dapat menggunakan modifikasi persamaan Sauerbrey pada persamaan 2.1. Perhitungan ketebalan lapisan *polystyrene* menggunakan persamaan Sauerbrey dimana  $\Delta m$  merupakan massa pada permukaan sensor QCM. Dengan mensubstitusi rumus Sauerbrey dengan rumus  $\Delta m = \rho_{PS} \cdot A \cdot \Delta h$ , sehingga rumus tersebut menjadi:

$$\Delta h = \frac{\Delta f \sqrt{\rho_q \mu_q}}{f_0^2 2 \rho_{PS}} \quad (2.2)$$

dimana  $\rho_{PS}$  merupakan rapat massa polistiren ( $1,05 \text{ g/cm}^3$ ),  $\rho_q$  merupakan densitas QCM ( $2,648 \text{ g/cm}^3$ ),  $\mu_q$  merupakan modulus shear QCM ( $2,947 \times 10^{10} \text{ g/cm}^2 \text{ s}^2$ ),  $\Delta h$  merupakan ketebalan lapisan polistiren yang terdeposisi di permukaan QCM. Sehingga rumus ketebalan lapisan polistiren sebagai berikut:

$$\Delta h = - \left[ \frac{\Delta f}{f_0^2} \right] 4206,5 \text{ m} \quad (2.3)$$

dimana  $f_0$  adalah frekuensi awal dari kristal kuarsa dan  $\Delta f$  adalah perubahan frekuensi yang terjadi setelah polistiren terdeposisi pada permukaan sensor QCM (Didik dkk, 2014).

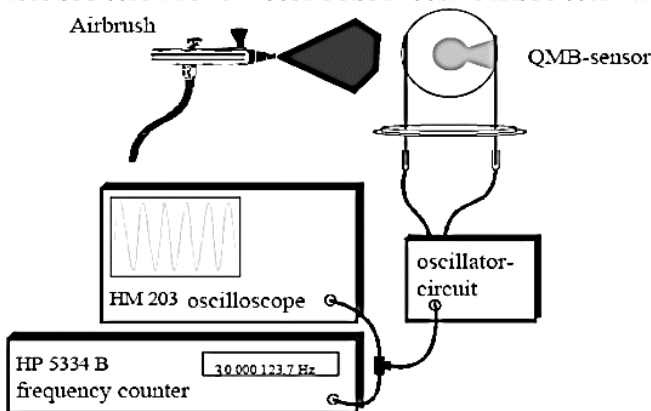
## 2.2 Lapisan Tipis

Lapisan tipis (*Thin film*) merupakan lapisan material pada suatu substansi atau media pelapisan dengan ketebalan pada skala nanometer sampai dengan mikrometer. Deposisi untuk menghasilkan lapisan tipis (*thin film*) adalah sebuah proses dimana karakteristik fisis dari sebuah permukaan dimodifikasi dengan pelapis yang sangat tipis, umumnya dengan ketebalan beberapa mikrometer. Lapisan tipis

berfungsi sebagai pelindung material terhadap korosi, proses oksidasi, dan keausan. Lapisan tipis pada sensor QCM berfungsi sebagai lapisan yang sensitif pada membran.

Lapisan tipis memiliki sifat yang berbeda dengan material pada umumnya yaitu memiliki lapisan yang sangat tipis serta sangat dipengaruhi oleh permukaan dan efek dari antarmuka. Langkah khusus untuk membuat lapisan tipis adalah emisi partikel dari suatu sumber (panas, tegangan tinggi, dan lainnya), jalannya partikel ke substrat, dan kondensasi partikel pada substrat. Bahan yang dapat digunakan untuk membuat lapisan tipis yaitu logam, dielektik, dan polimer (Griffin, 2010).

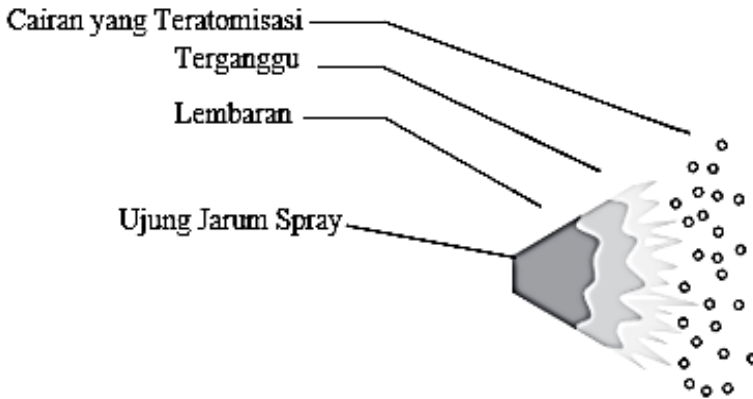
Teknik yang umum digunakan dalam hal pembuatan lapisan tipis pada sensor QCM adalah *spin coating* dan *spray coating* dimana kedua teknik tersebut menghasilkan lapisan tipis dimulai dari satu mikrometer hingga ratusan mikrometer. Kualitas lapisan tipis dapat diamati dari sifat fisik dan kimianya. Sifat yang dapat diamati diantaranya yaitu tingkat densitas lapisan, tingkat kerapatan lubang, ukuran butiran larutan yang terdeposisi, dan lain-lain (Hierlemann dkk, 2003). Pada penelitian ini digunakan teknik *spray coating*.



**Gambar 2. 2** Proses Pelapisan Polimer pada Sensor QCM dilakukan dengan cara penyemprotan (*spray*) pada kristal kuarsa (Jie, 2006).

### 2.3 Spray Coating

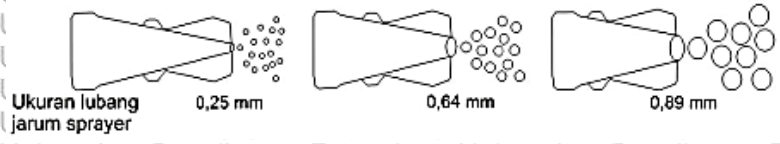
*Spray coating* adalah proses pelapisan sebuah objek dengan cairan berupa cat atau cairan yang lainnya. Teknologi *spray coating* untuk dapat menyemprotkan larutan dengan cara mendorong atau memaksa cairan dengan tekanan tinggi yang melewati *nozzle* (jarum pada *airbush*) sehingga menghasilkan proses atomisasi cairan (*terspray* dengan ukuran yang sangat kecil). Cairan yang keluar dari *nozzle* membentuk lembaran yang sangat tipis yang memiliki kecepatan aliran yang tinggi. Gesekan yang terjadi antara udara dan cairan yang disemprotkan dengan udara membuat lembaran tipis tersebut terpecah menjadi butiran-butiran molekul (Graco, 1995).



Gambar 2. 3 Proses Cairan yang Teratomisasi (Graco, 1995)

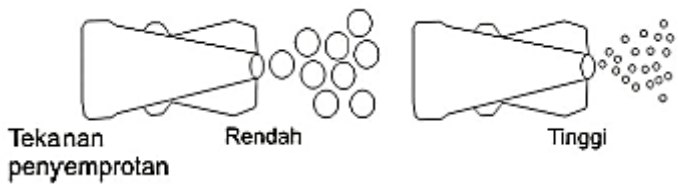
Faktor yang berpengaruh pada ukuran molekul yang disemprotkan adalah ukuran serta bentuk lubang jarum *sprayer*, tekanan, dan viskositas cairan dari fluida yang disemprotkan. Pengaturan yang umum dilakukan pada ketiga faktor untuk menentukan ukuran molekul *spray* tersebut adalah:

1. Pada keadaan tekanan dan viskositas cairan konstan, dengan ukuran ujung jarum dan laju aliran yang meningkat maka ukuran rata-rata molekul yang di semprotkan juga meningkat.



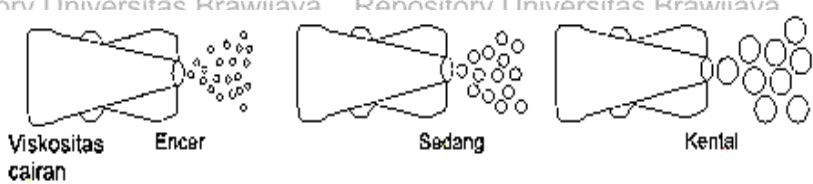
**Gambar 2. 4** Ilustrasi Penyemprotan dengan Tekanan dan Viskositas Cairan Konstan(Graco,1995)

2. Pada keadaan dimana ukuran ujung jarum dan viskositas cairan konstan, dengan meningkatnya tekanan cairan maka ukuran rata-rata molekul yang disemprotkan menurun.



**Gambar 2. 5** Ilustrasi Penyemprotan dengan Ukuran Jarum *Sprayer* dan Viskositas Cairan Konstan(Graco,1995)

3. Pada keadaan ukuran jarum dan tekanan cairan konstan, dengan meningkatnya viskositas cairan maka ukuran rata-rata molekul yang disemprotkan juga meningkat(Graco 1995).



**Gambar 2. 6** Ilustrasi Penyemprotan dengan Ukuran Jarum dan Tekanan cairan konstan(Graco,1995)

Pada teknik spray coating ada beberapa parameter yang harus diperhatikan dan diatur mengenai ketebalan, homogenitas, dan lapisan yang dihasilkan. Beberapa parameter penting tersebut yaitu:



1. Komposisi larutan, yaitu kandungan padatan pada larutan *spray* dan bahan pelarutnya. Kandungan padatan merupakan densitas materil yang digunakan pada larutan yang akan disemprotkan. Kandungan padatan pada larutan dapat dikurangi dengan menambahkan pelarut sehingga dapat mengurangi viskositas dari larutan tersebut.
2. Volume larutan yang disemprotkan diatur dan dikendalikan oleh tekanan pada pompa.
3. Kecepatan pada saat *spray*, semakin rendah kecepatannya maka lapisan yang dihasilkan akan semakin tebal.
4. Efisiensi transfer dari alat, adalah ukuran presentasi bahan pelapis yang disimpan oleh material yang berhubungan dengan jumlah volume larutan yang disemprotkan, yaitu:
 
$$\text{Efisiensi Transfer Alat} = \left( \frac{\text{volume of solid deposited on wafer}}{\text{volume of solids sprayed}} \right) \times 100\%$$
 Nilai tersebut menunjukkan efisiensi lapisan yang dihasilkan oleh alat *spray* karena selama penyemprotan hanya sebagian dari larutan yang diendapkan pada permukaan bahan/material dan sisanya akan terbuang.
5. Ukuran dan geometri substrat, misalkan lapisan substrat yang kecil dapat mengurangi nilai efisiensi transfer.
6. Jarak *spray nozzle* ke material.
7. Kecepatan putaran material yang akan mempengaruhi homogenitas dari lapisan yang dihasilkan.
8. Tekanan *spray* yang berpengaruh pada ukuran substrat yang disemprotkan (Graco, 1995).

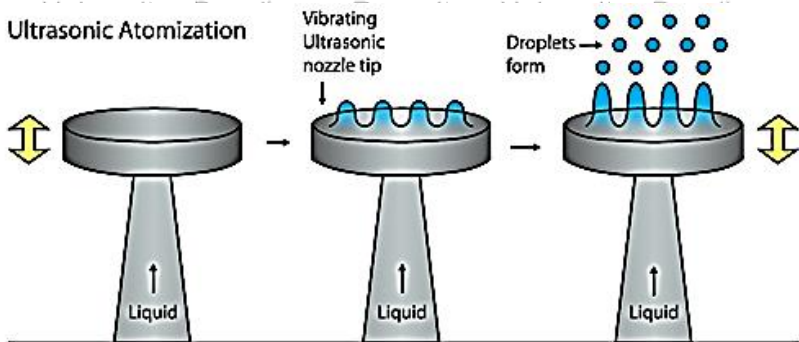
Untuk mendapatkan ketebalan lapisan yang diinginkan, maka parameter-parameter yang terkait dengan proses *spray coating* diatas menjadi sangat penting (Pham dkk, 2005).

### 2.3 Ultrasonic Atomization

Teknologi *ultrasonic atomization* adalah teknologi yang baik digunakan untuk *spray coating*. *Ultrasonic atomization* adalah proses ketika sebuah larutan atau cairan ditempatkan pada permukaan halus yang bergetar sehingga arah getaran akan tegak lurus terhadap

permukaan, cairan atau larutan akan menyerap sebagian energi getaran yang menciptakan gelombang dengan amplitudo yang lebih besar sehingga cairan akan teratomisasi. Gelombang yang dihasilkan bergantung pada karakteristik cairan dan frekuensi permukaan yang bergetar (Medical Design Briefs, 2012).

*Ultrasonik atomization* salah satunya diterapkan pada *ultrasonic nozzles*. Pada dasarnya *ultrasonik atomization* menggunakan gelombang suara frekuensi tinggi di luar jangkauan pendengaran manusia. Untuk menghasilkan frekuensi tinggi digunakan transduser piezoelektrik yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Untuk larutan atau cairan yang teratomisasi, amplitudo dari getaran harus diatur dengan baik, apabila nilai di bawah amplitudo kritis maka energi tidak dapat menghasilkan cairan yang teratomisasi. Bila nilai amplitudo semakin besar maka cairan akan teratomisasi secara tidak teratur. Sehingga harus dikontrol daya input pada transduser (Corporation Sono-Tek, 2012).



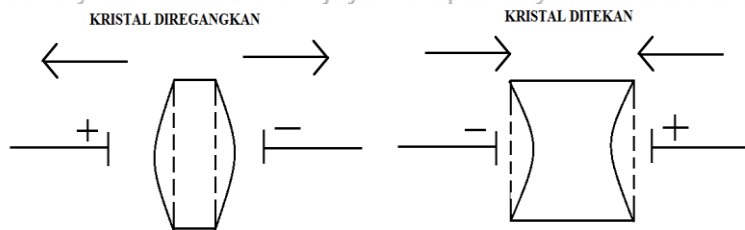
**Gambar 2. 7** Gambar proses atomizaation pada *ultrasonic nozzels* (Corporation Sono-Tek, 2012).

### 2.3.1 Transduser Piezoelektrik

Meskipun ada beberapa perbedaan metode yang ada untuk menghasilkan frekuensi getaran mekanik, metode yang paling umum adalah ultrasonik. Metode frekuensi ultrasonik bergantung pada fenomena efek piezoelektrik. Fenomena tersebut dapat dihasilkan oleh

beberapa material kristal, dan melibatkan konversi *reversibel* dari dua bentuk energi yang berasal dari energi yang lainnya, yaitu energi mekanik dan energi listrik.

Kristal piezoelektrik dimulai dari tekanan yang diberikan. Ketika kristal material piezoelektrik ditekan atau diregangkan, energi listrik akan muncul pada permukaannya. Energi mekanik akan berubah menjadi energi listrik. Proses ini disebut efek piezoelektrik. Gambar 2.7 adalah ilustrasi dari efek tersebut, dan juga menunjukkan polaritas dari permukaan berubah saat terjadi perubahan regangan dan tekanan.



**Gambar 2.8** Fenomena piezoelektrik (Tole 2005)

Sebaliknya, ketika perbedaan potensial diterapkan diantara permukaan kristal piezoelektrik, kristal akan merespon dengan meluas atau menyempit. Energi listrik akan dikonversi menjadi energi mekanik. Hal tersebut dinamakan efek terbalik piezoelektrik (Tole, 2005).

## 2.4 Keypad

*Keypad* merupakan device masukan yang digunakan sebagai masukan kode angka ataupun huruf. *Keypad 3x4* adalah *keypad* yang terdiri dari 12 buah *push button*. Susunan pad terdiri dari matriks 3 kolom dan 4 baris untuk memberikan masukan ke mikrokontroler. Salah satu jenis *keypad* adalah *keypad* membran yang dibuat tipis, bahan membran yang fleksibel dengan dukungan perekat sehingga mudah untuk dipasang dimanapun. Tombol yang terhubung ke dalam matriks ke mikrokontroler hanya membutuhkan 7 pin. (Parallax, 2011)





**Gambar 2. 9** *Keypad* Membran 3x4(Parallax,2011)

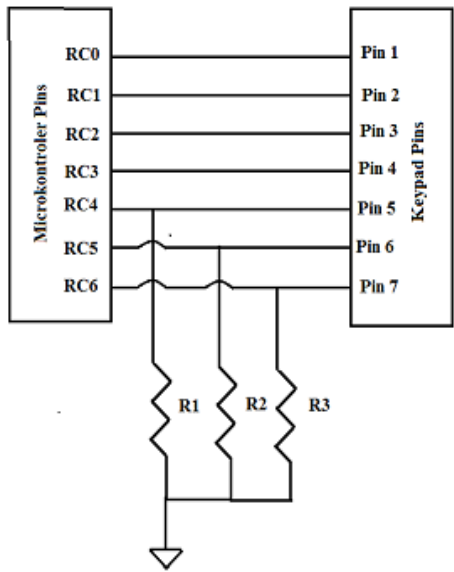
*Keypad* memiliki matriks 3 kolom dan 4 baris seperti yang terlihat pada Gambar 2.9. Jika tombol ditekan maka rangkaian akan terhubung untuk pin tertentu. Rangkaian yang terhubung akan selalu antara pin pada baris dan pin pada kolom. Baris 1-4 akan diwakili oleh pin 1-4 dan kom 1-3 akan diwakili oleh pin 5-7. Misalkan tombol 1 akan diwakili oleh pin 1 dan 5, jadi jika tegangan diterapkan ke salah satu pin dan pin lain terhubung ke voltmeter. Ketika tombol ditekan maka voltmeter akan membaca tegangan input. hubungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1(Behbehani,2012).

**Tabel 2. 1** Hubungan Pin pada *Keypad*(Behbehani,2012)

Key Number	Character	Culomn Pin	Row Pin
1	'1'	5	1
2	'2'	6	1
3	'3'	7	1
4	'4'	5	2
5	'5'	6	2
6	'6'	7	2
7	'7'	5	3
8	'8'	6	3
9	'9'	7	3

10	*	5	4
11	0	6	4
12	#	7	4

Koneksi antara mikrokontroler dan keypad dapat dilihat pada Gambar 2.10.



**Gambar 2.10** Rangkaian Penghubung Mikrokontroler dan Keypad (Behbehani, 2012).

Pada Gambar 2.10 dapat dilihat cara untuk menghubungkan keypad ke mikrokontroler yaitu 4 baris dari tombol pada keypad akan terhubung ke pin mikrokontroler secara langsung. Namun, masing-masing dari 3 kolom dari keypad akan dihubungkan ke resistor yang terhubung ke sumber tegangan dan ke mikrokontroler. Pin mikrokontroler yang digunakan adalah I/O port, sehingga dapat diprogram dan digunakan dengan cara yang berbeda. Semua pin dari tombol harus terhubung untuk memastikan bahwa akan mudah untuk dideteksi saat tombol ditekan.

## 2.5 LCD

LCD adalah salah satu jenis *display* elektronik. *Liquid Crystal Display* (LCD) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka, maupun grafik. Pada modul LCD terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD. Salah satu contoh LCD yang digunakan adalah LCD dari perusahaan Vishay. LCD yang digunakan adalah LCD 16x2 dimana memiliki format tampilan 16 karakter dan 2 baris. *Power supply* yang digunakan adalah 5 volt. Pada pengoprasian LCD dapat digunakan mode 8 bit atau 4 bit. Mode oprasi tersebut berbeda dalam hal transfer data dan penggunaan pinout (Vishay, 2016).

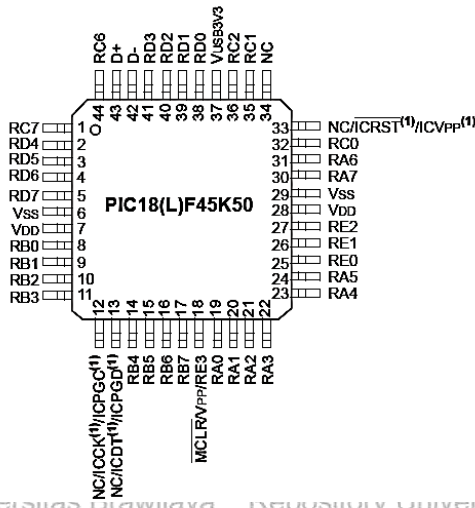
**Tabel 2. 2 Fungsi Pin pada LCD (Vishay, 2016)**

Interface Pin Fucion		
Pin No	Symbol	Function
1	V <sub>dd</sub>	Power Supply (+5V)
2	V <sub>ss</sub>	Ground
3	V <sub>0</sub>	Contrast Adjustment
4	RS	H/L register
5	R/W	H/L read/write signal
6	E	H – L enenable signal
7	DB0	H/L data bus line
8	DB1	H/L data bus line
9	DB2	H/L data bus line
10	DB3	H/L data bus line
11	DB4	H/L data bus line
12	DB5	H/L data bus line
13	DB6	H/L data bus line
14	DB7	H/L data bus line

## 2.6 Mikrokontroler PIC18F45K50

Mikrokontroler adalah suatu device yang berfungsi sebagai pusat dari suatu rangkaian elektronika. Mikrokontroler dapat mengontrol *device* lain pada rangkaian elektronika menggunakan

program yang tersimpan di mikrokontroler. Pada mikrokontroler terdiri dari *Central Processing Unit (CPU)*, *Input/Output*, *Memori*, *Converter Analog to Digital*, dan fasilitas lainnya. Mikrokontroler PIC18F45K50 merupakan mikrokontroler yang diproduksi oleh Mikrochip, Inc. mikrokontroler PIC18F45K50 memiliki beberapa kelebihan yaitu memiliki osilator internal hingga 16 MHz. Mikrokontroler PIC18F45K50 terdiri dari 44 Pin (Microchip, 2012).



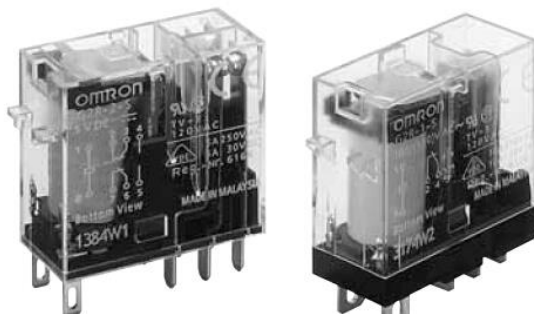
**Gambar 2. 11 Pin Diagram PIC18F45K50 (Microchip, 2012)**

Port I/O dibagi menjadi 5 port yaitu port A, port B, port C, port D, dan port E. Masing masing port terdiri dari beberapa pin dimana port A terdiri dari 6 buah pin, port B terdiri dari 8 buah pin, port C terdiri dari 7 pin, port D terdiri dari 8 buah pin, dan port E terdiri dari 3 buah pin. Mikrokontroler memiliki range input tegangan 2V sampai 5,5 V (Microchip, 2012).

## 2.6 Relay

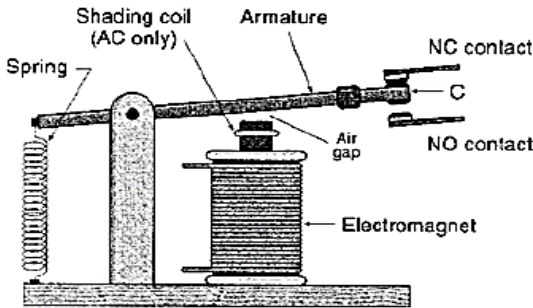
*Relay* adalah komponen yang dapat mengimplementasikan logika *switching*. *Relay* yang paling umum digunakan adalah *relay*

elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik. *Relay* elektromekanis adalah alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup (atau membuka) kotak saklar. Saklar tersebut digerakkan secara mekanis oleh daya/energi listrik (Wicaksono, 2009).

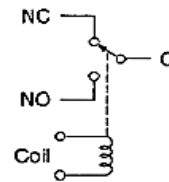


**Gambar 2. 12 Relay yang Tersedia di Pasaran (Wicaksono, 2009)**

*Relay* memiliki beberapa kegunaan yaitu sebagai *remote control* yang dapat menyalakan atau mematikan alat dari jarak jauh, penguat daya yang menguatkan arus atau tegangan, dan pengatur logika kontrol suatu sistem. *Relay* terdiri dari *coil* dan *contact*. *Coil* adalah gulungan kawat yang mendapat arus listrik, sedang *contact* adalah sejenis saklar yang bergantung pada ada atau tidaknya arus listrik pada *coil*. Ada dua jenis kontak yaitu *normally-closed* dimana kondisi awal sebelum diaktifkan adalah tertutup dan *normaally open* dimana kondisi awal sebelum diaktifkan adalah terbuka (Wicaksono, 2009).



(a) Parts of the relay



(b) A common schematic symbol

**Gambar 2. 13** Skema *Relay* Elektromekanik(Wicaksono,2009)

Pada Gambar 2.13 dapat dilihat prinsip kerja dari *relay* yaitu ketika *coil* mendapatkan energi listrik, akan timbul gaya elektromagnet yang akan menarik *armature* yang berpegas, dan *contact* akan menutup. Berdasarkan *pole* dan *throw relay* dapat dibedakan menjadi *Single Pole Single Throw (SPST)*, *Double Pole Single Throw (DPST)*, *Single Pole Double Throw (SPDT)*, *Double Pole Double Throw (DPDT)*, *Three Pole Double Throw (3PDT)*, *Four Pole Double Throw (4PDT)*. Dimana *pole* adalah banyaknya *contact* yang dimiliki oleh *relay* dan *throw* adalah banyaknya kondisi (*state*) yang mungkin dimiliki *contact* (Wicaksono,2009).

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2016, sampai dengan september 2016, di Laboratorium Instrumentasi dan Laboratorium Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.

### 3.2 Tahap Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa tahap yang dilakukan., diantaranya adalah:

#### 1. Membuat Konsep Penelitian

Penelitian didesain berdasarkan konsep sesuai kebutuhan dan digambarkan dalam bentuk peta pemikiran untuk membuat alat *spray coating* dengan transduser piezoelektrik.

#### 2. Desain dan Perakitan Sistem

Desain dan perakitan sistem meliputi blok diagram alat *spray coating* dan rangkaian elektronik yang dibutuhkan, diantaranya adalah rangkaian sistem minimum PIC18F45K50, rangkaian *relay*, *keypad*, LCD, dan transduser piezoelektrik.

#### 3. Pembuatan Program

Pembuatan program terdiri dari program *keypad* untuk input waktu yang digunakan, Program LCD, dan program *delay* untuk mengatur keluaran dari mikrokontroler.

#### 4. Pengujian Sistem

Pengujian sistem meliputi pengujian rangkaian dan pengujian program secara terpisah sebelum dilakukan pengujian secara keseluruhan pada penelitian ini.

#### 5. Pengambilan Data

Pengambilan data meliputi data hasil pelapisan sesor QCM dengan teknik *spray coating* menggunakan alat *atomizer*

*spray coater* dengan transduser piezoelektrik yang telah dibuat. Data yang diambil berupa pengaruh tegangan yang diberikan ke piezoelektrik serta lamanya penyemprotan terhadap penyebaran *polystyrene* pada permukaan dan ketebalan lapisan *polystyrene* yang terdeposisi pada permukaan sensor QCM.

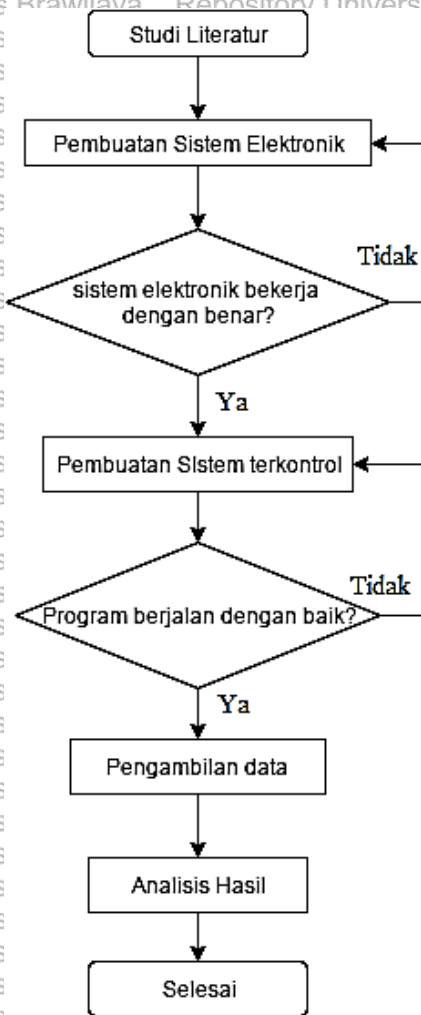
## 6. Analisis Hasil

Pada penelitian ini dilakukan analisis hubungan antara parameter-parameter berupa waktu lamanya penyemprotan larutan saat pelapisan dan *input* tegangan yang diberikan pada transduser piezoelektrik dengan hasil pelapisan menggunakan *atomizer spray coater* yang telah dibuat.

### 3.3 Rancangan Penelitian

Perancangan Sistem *spray coating* yang akan dibuat meliputi beberapa tahap yaitu perancangan sistem elektronik, program sistem terkontrol, dan sistem pelapisan. Perancangan penelitian ini dapat digambarkan pada Gambar 3.1, penelitian ini dimulai dengan mencari dan memahami studi literatur mengenai *atomizer spray coater*, transduser piezoelektrik, dan sensor QCM. Pembuatan sistem elektronik dibuat untuk merancang cara kerja transduser piezoelektrik sehingga dapat digunakan untuk melapisi sensor QCM dengan metode *spray coating* serta merancang agar dapat bekerja dengan sistem terkontrol. Rangkaian masing-masing akan diuji secara terpisah terlebih dahulu. Sensor QCM yang dilapisi oleh *polystyrene* adalah data yang dianalisis sebagai hasil dari alat *atomizer spray coater* yang dibuat. Perancangan penelitian ini dapat digambarkan pada Gambar 3.1.



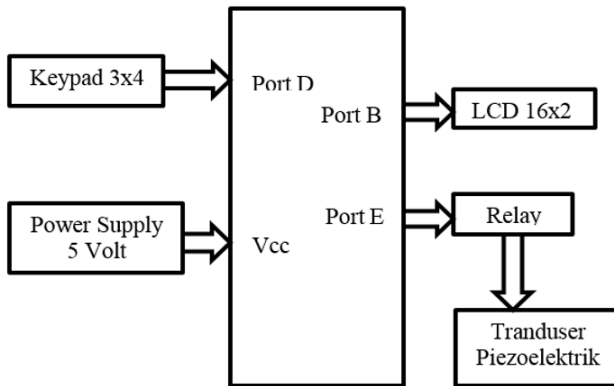


**Gambar 3.1** Blok Diagram Penelitian

### 3.3.1 Perancangan dan Pembuatan Sistem Elektronik

Rancangan alat *atomizer spray coater* yang akan dibuat dapat digambarkan blok diagram pada Gambar 3.2.

### Mikrokontroler PIC 18F45K50



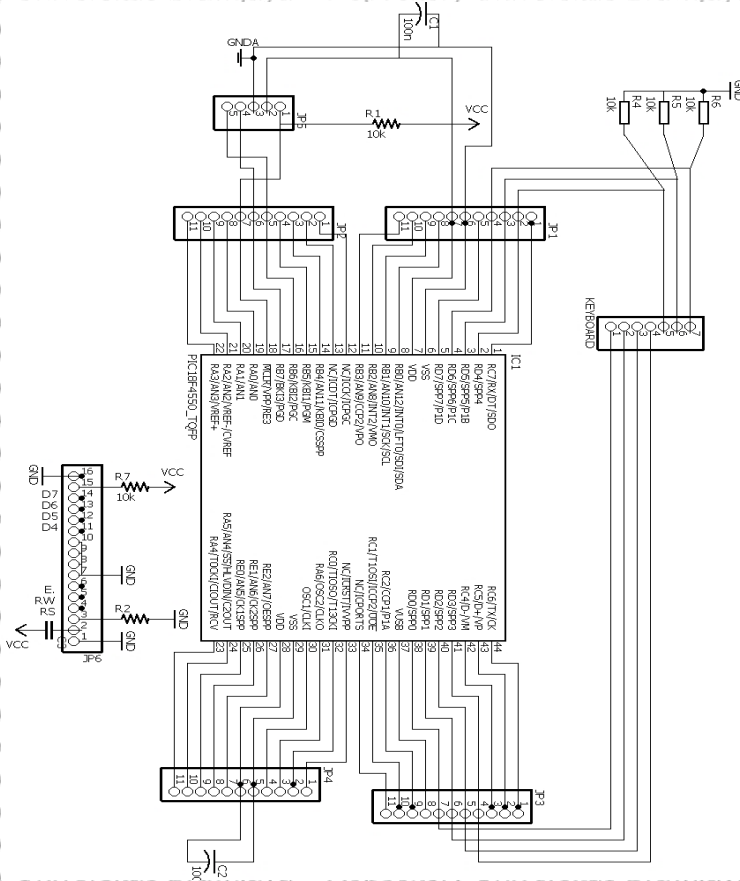
**Gambar 3. 2** Blok Diagram Sistem Elektronik

Pada sistem elektronik, *keypad* 3x4 berfungsi sebagai masukan waktu yang diberikan dalam satuan milisekon (ms) saat proses pelapisan sensor QCM. *Keypad* dihubungkan ke mikrokontroler melalui port D PIC18F45K50. *Power supply* yang digunakan agar mikrokontroler dapat bekerja yaitu dengan tegangan 5 volt. Untuk menampilkan informasi maka digunakan LCD 16x2. *Relay* pada sistem ini berfungsi sebagai saklar untuk menghubungkan mikrokontroler dengan rangkaian transduser piezoelektrik. Fungsi utama dari mikrokontroler disini adalah sebagai sistem kontrol utama yang memproses masukan berupa konfigurasi nilai *keypad* sesuai waktu lamanya pelapisan, mengolah data untuk ditampilkan melalui LCD, dan untuk memprogram keluaran tegangan pada port E yang dihubungkan dengan *relay* sesuai dengan nilai input *keypad* yang diberikan. Transduser Piezoelektrik berfungsi sebagai penghasil getaran sehingga larutan *polystyrene* dapat teratomisasi dan melapisi permukaan sensor QCM.

### 3.3.2 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler 18F45K50

Rangkaian sistem minimum mikrokontroler PIC18F45K50 berfungsi sebagai rangkaian pusat pengontrol dimana

komponen utama yang digunakan adalah mikrokontroler PIC18F45K50. Pada rangkaian ini semua port dari mikrokontroler PIC18F45K50 akan digunakan untuk beberapa fungsi masukan dan keluaran. Skematik dari rangkaian sistem minimum mikrokontroler PIC18F45K50 dirancang seperti Gambar 3.3

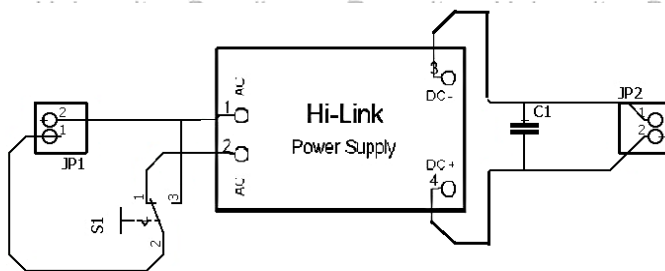


**Gambar 3.3** Skematik Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler PIC18F45K50

Pada Gambar 3.3 merupakan skematik rangkaian sistem minimum mikrokontroler yang digunakan pada *atomizer spray coater*. Rangkaian ini terdiri dari mikrokontroler PIC18F45K50, resistor, kapasitor, dan *header*. Untuk menjalankan program didalam mikrokontroler maka dibutuhkan suatu device yang berfungsi untuk menanamkan program di mikrokontroler. Device yang digunakan pada penelitian ini adalah programmer PICKIT3. Pin-pin yang digunakan mikrokontroler yang dihubungkan ke PICKIT3 berada di port B, vcc, dan ground yang telah diletakkan berdekatan menggunakan header. Pada sistem ini digunakan osilator internal yang sudah tersedia dalam mikrokontroler PIC18F45K50 yang berfungsi untuk membangkitkan *clock* frekuensi. Mikrokontroler tersebut membutuhkan masukan sebesar 5V untuk bekerja, sehingga dihubungkan dengan catu daya sesuai kebutuhan mikrokontroler.

### 3.3.3 Rangkaian Catu Daya

Catu daya yang digunakan dalam rangkaian adalah catu daya untuk mensuplai daya yang diperlukan mikrokontroler untuk bekerja. Tegangan 5 volt disuplai dari IC *power supply* tipe *Hi-Link*. IC tersebut memberikan tegangan keluaran 5 volt DC dan spesifikasi masukan 100-240 Volt AC dengan maksimum arus keluaran 600mA. Rangkaian catu daya untuk mikrokontroler dapat digambarkan pada Gambar 3.4.

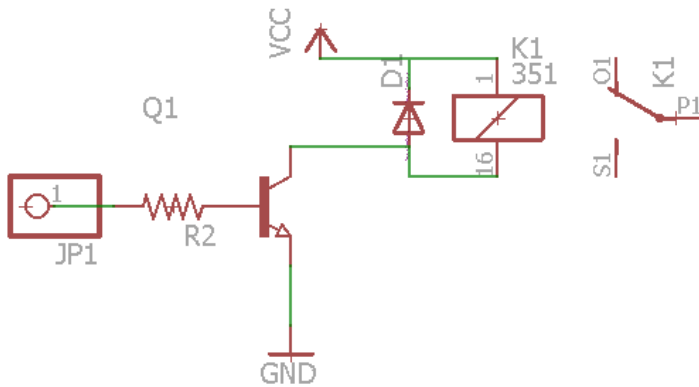


Gambar 3. 4 Skematik Rangkaian Catu Daya untuk Mikrokontroler

Pada skematik rangkaian catu daya digunakan komponen seperti switch, kapasitor, *Hi-link*, dan header. Input yang diberikan pada rangkaian ini adalah 220 volt. Switch pada rangkaian ini berfungsi sebaga saklar *power on-off*, dan kapasitor digunakan untuk menstabilkan tegangan keluaran dari *Hi-link*. Keluaran tegangan 5 volt dihubungkan ke mikrokontroler pada vcc dan *ground*.

### 3.3.4 Rangkaian Relay

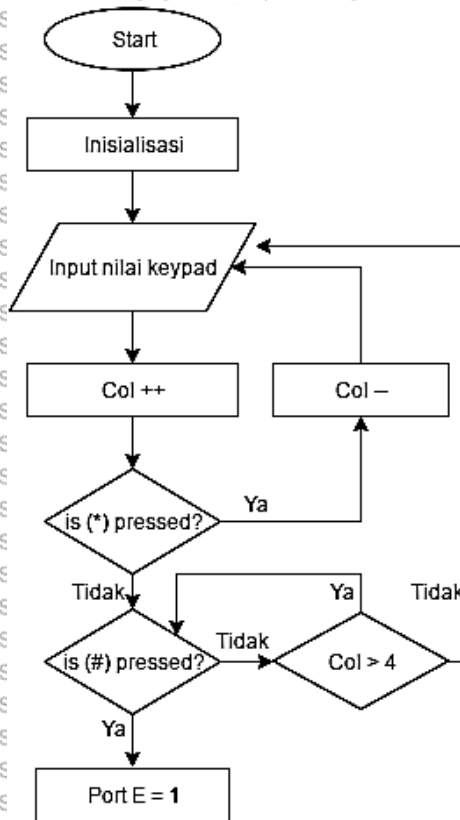
Rangkaian *relay* digunakan untuk menghubungkan keluaran dari mikrokontroler ke transduser piezoelektrik. *Relay* yang digunakan pada rangkian ini adalah *relay* jenis *normally close* dimana kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *close*. Pada rangkaian ini digunakan komponen pendukung yaitu transistor, resistor, dan dioda. Relay bekerja dengan prinsip elektromagnet untuk menggerakkan saklar, sehingga tegangan pada mikrokontroler tidak langsung terhubung dengan tegangan pada piezoelektrik. Rangkaian *relay* secara keseluruhan dapat digambarkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Skematik Rangkaian Relay

### 3.3.5 Rancangan Program Mikrokontroler

Perancangan dan pembuatan program untuk *atomizer spray coater* ini dilakukan beberapa tahap. Pembuatan program terdiri dari beberapa program yaitu program untuk *keypad*, program untuk *LCD*, dan program untuk rangkaian *relay*. Secara keseluruhan, perancangan dan pembuatan program dilakukan dengan *software mikroC PRO for PIC* dengan bahasa pemrograman C. *software mikroC PRO for PIC* merupakan salah satu *software* dari perusahaan mikrochip yang *compatibe* dengan mikrokontroler PIC18F45K50. Program mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Diagram Alur Program Penelitian

## 1. Program *input keypad*

Program *input keypad* berfungsi sebagai masukan fungsi waktu untuk referensi lama piezoelektrik bergetar. Pada software mikroC telah terdapat *library keypad 4x4*, program tersebut disesuaikan dengan kebutuhan yang dipakai yaitu *keypad 3x4*. Pada program ini *keypad* akan dihubungkan dengan port D sebagai masukan mikrokontroler, sehingga program yang digunakan sebagai berikut:

```
char kp; // mendefinisikan kp sebagai string
int angka, key, angka[5]; // mendefinisikan variabel
angka dan key sebagai integer
char txt[6]; // variabel txt dengan range 6 untuk
menampilkan nilai kp
char disp[6]; // variabel disp dengan range 6 untuk
menampilkan nilai angka
char keypadPort at PORTD; // untuk mengkoneksi modul
keypad
do {
    kp = 0; // meriset variabel kp
    key = 100; // meriset variabel key
    do
        kp = Keypad_Key_Click(); // Store key code in kp
    while (!kp);
    // mengatur masukan dari keypad dan di atur nilai key dan
    kp
    switch (kp) {
        case 1: kp = '1'; key=1 ; break; // 1 49
        case 2: kp = '4';key=4 ; break; // 4 52
        case 3: kp = '7';key=7 ; break; // 7 55
        case 4: kp = '*';key=107; break; // * 42
        case 5: kp = '2';key=2 ; break; // 2 50
        case 6: kp = '5';key=5 ; break; // 5 53
```

```

case 7: kp = '8';key=8 ; break; // 8 56
case 8: kp = '0';key=0 ; break; // 0 48
case 9: kp = '3';key=3 ; break; // 3 51
case 10: kp = '6';key=6 ; break; // 6 54
case 11: kp = '9';key=9 ; break; // 9 57
case 12: kp = '#'; key = 101; break; // # 67
    
```

## 2. Program Lama Tranduser Menyala

Pada perancangan *spray coater* dengan menggunakan tranduser piezoelektrik dibuat otomatis sesuai waktu yang dibutuhkan dengan masukan dari *keypad*. Pada program dibuat port E memiliki output logika 0 dimana tranduser piezoelektrik tidak menyala. Saat masukan waktu diberikan maka port E memiliki output logika 1. Port E akan dihubungkan dengan rangkaian *relay* sebagai saklar. Program yang digunakan sebagai berikut:

```

while (col < 9); // mengatur digit keypad tidak lebih dari
4 digit
IntToStr(angka,disp); // mengubah angka dari integer
menjadi disp berbentuk string
Lcd_Out(2,1,"delay =");
Lcd_Out_CP(disp);
PORTE = 0b0010;
VDelay_ms(angka);
PORTE = 0x00;
    
```

### 3.3.6 Rancangan dan Pembuatan Dudukan untuk Sensor QCM

Pada penelitian ini, sensor QCM digunakan sebagai sensor yang dilapisi oleh *polystyrene*. Larutan yang digunakan adalah *polystyrene* 3% dengan pelarut *toluena*. Pada saat proses pelapisan dibutuhkan dudukan sensor QCM yang berfungsi sebagai tempat sensor QCM yang memiliki jarak tertentu dari tranduser piezoelektrik.



Rancangan dan pembuatan dudukan untuk sensor dapat dilihat pada Gambar 3.7.



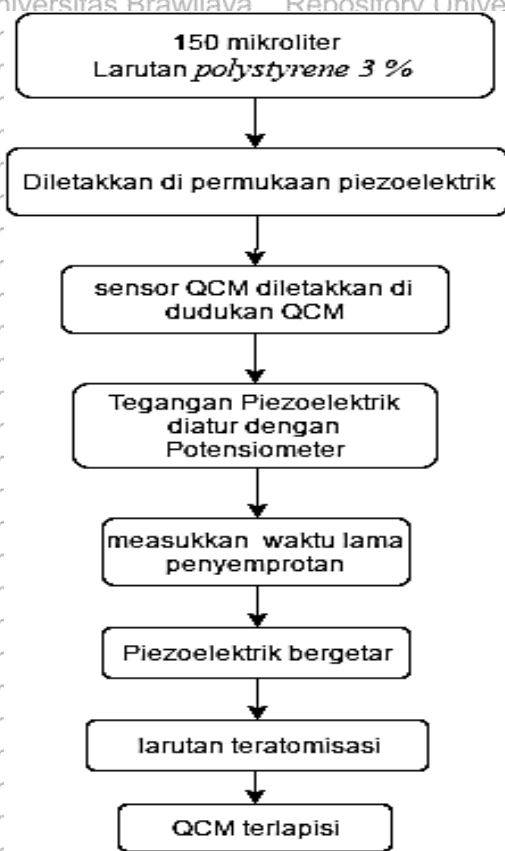
Gambar 3. 7 Dudukan Sensor QCM

Jarak antara piezoelektrik dengan sensor QCM adalah 4 cm. Sensor QCM diberi tutup dengan salah satu dilubangi dengan ukuran sensor QCM yang berfungsi agar larutan yang telah disemprotkan di satu permukaan sensor dan tidak menempel di permukaan yang lainnya.

### 3.3.7 Rancangan dan Pembuatan Atomizer Spray Coating

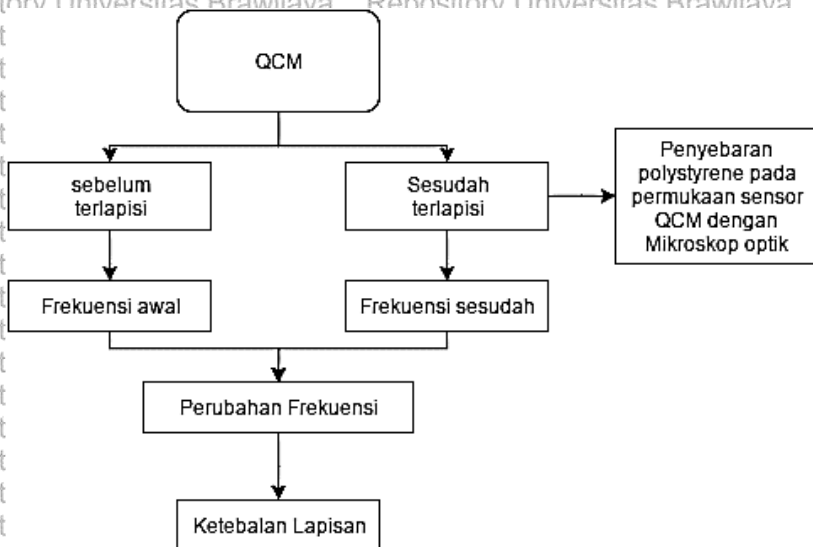
Pada proses pelapisan digunakan larutan *polystyrene* dengan konsentrasi 3% yang dibuat tetap. Pada penelitian ini digunakan 3 sensor QCM yang akan dilapisi. Sensor tersebut akan diberikan perlakuan yang sama. Ada dua variabel yang akan diubah dalam penelitian ini yaitu tegangan yang diberikan ke transduser piezoelektrik dan waktu lama penyemprotan. Tegangan yang digunakan adalah 21 volt; 24,5 volt; dan 28 volt. Larutan yang disemprotkan mencapai kedudukan sensor QCM pada saat transduser diberi tegangan 21 volt,

sehingga saat pengambilan data dimulai pada tegangan 21 volt. Diagram alir pelapisan dapat dilihat pada Gambar 3.8.



**Gambar 3. 8** Diagram Alur Pelapisan Permukaan Sensor QCM

Potensiometer pada pengujian berfungsi untuk mengubah nilai tegangan sesuai kebutuhan. Waktu pelapisan yang digunakan adalah 1 detik, 2 detik, dan 3 detik. Dibuat perbedaan per 1 detik karena tidak terlalu ada perubahan apabila perubahan dibawah satu detik. Langkah – langkah untuk mengetahui hasil lapisan dengan *atomizer spray coating* dapat dilihat pada Gambar 3.9.



**Gambar 3. 9** Diagram Alur Untuk Pengambilan Data Hasil Pelapisan

Sensor QCM terlebih dahulu diukur frekuensi awal kemudian dilapisi dengan *atomizer spray coater* menggunakan larutan *polystyrene* yang diletakkan di tengah tengah piezoelektrik. Sensor QCM yang telah terlapisi kemudian di oven sehingga lapisan dapat diukur frekuensi setelah dilapisi. Perubahan frekuensi dihasilkan dari pengukuran frekuensi sebelum dan sesudah dilapisi. Sensor QCM yang telah dilapisi dibersihkan dengan pelarut dalam larutan tersebut yaitu *toluena*. Sensor yang telah dibersihkan di oven selama satu jam agar dapat dihitung frekuensi awalnya kembali. Pengulangan tersebut dilakukan pada tegangan 21 volt dengan waktu 1 detik, 2 detik, dan 3 detik sehingga perlakuan tersebut diulang untuk tegangan 24,5 volt dan 28 volt. Ketebalan lapisan dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2.3 sehingga dapat dianalisis hasil perhitungan dengan parameter pada penelitian ini. Penyebaran *Polystyrene* permukaan sensor QCM yang telah dilapisi oleh *polystyrene* dengan teknik *spray coating* diamati dengan mikroskop optik. Permukaan sensor QCM diamati dengan mikroskop optik dengan perbesaran 5x



sehingga dapat dilihat *polystyrene* yang terdeposisi merata atau tidak.  
Permukaan yang dilapisi hanya satu sisi permukaan sensor QCM.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan munguji subsistem pada *atomizer spray coater* mulai dari rangkaian *relay, keypad, LCD, transduser piezoelektrik* dan mikrokontroler. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui fungsionalitas dari sistem yang telah dibuat.

#### 4.1.1 Pengujian Keypad

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah semua tombol dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Jenis *keypad* yang digunakan adalah keypad 3x4 yang memiliki 7 pin, dimana 3 pin dapat difungsikan sebagai masukan dan 4 pin lainnya difungsikan sebagai keluaran. Masukan keypad digunakan untuk menginputkan waktu lamanya penyemprotan pada proses pelapisan. Hasil pengujian *keypad* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4. 1** Hasil Pengujian Keypad

Masukan Keypad	Keluaran LCD	Masukan Keypad	Keluaran LCD
1	1	7	7
2	2	8	8
3	3	9	9
4	4	*	*
5	5	0	0
6	6	#	#

Pada Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa tombol-tombol pada *keypad* berfungsi dengan baik, sehingga *keypad* tersebut dapat digunakan pada penelitian.

## 4.1.2 Pengujian LCD

Pengujian LCD ini dilakukan untuk mengetahui bahwa LCD bekerja dengan baik. Program mikrokontroler diuji untuk menampilkan karakter yang diperintahkan oleh LCD 16x2. LCD dihubungkan ke mikrokontroler PIC18F45K50 pada *port B*. Program pada mikrokontroler adalah sebagai berikut:

```
// LCD module connections
sbit LCD_RS at RB1_bit;
sbit LCD_EN at RB3_bit;
sbit LCD_D4 at RB4_bit;
sbit LCD_D5 at RB5_bit;
sbit LCD_D6 at RB6_bit;
sbit LCD_D7 at RB7_bit;

sbit LCD_RS_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB3_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB6_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB7_bit;
// End LCD module connections
void main()
{
  Lcd_Init(); // menginisialisasi lcd
  Lcd_Cmd ( _LCD_CURSOR_OFF); // menonaktifkan kursor
  Lcd_Cmd( _LCD_CLEAR); // menghapus tampilan LCD
  Lcd_Out (1,3,"ULTRASONIC");
  Lcd_Out (2,5,"SPRAY");
}
```

Hasil pengujian dari program tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1.

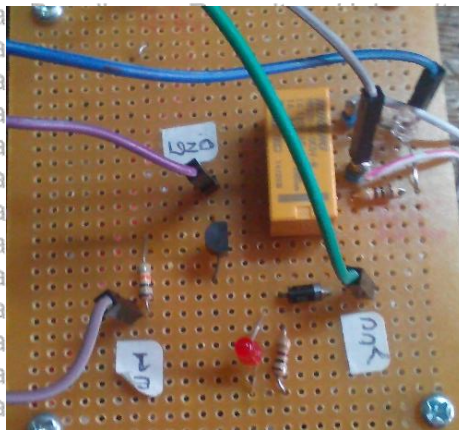


**Gambar 4. 1** Hasil Pengujian LCD

Dapat dilihat pada hasil pengujian di Gambar 4.1 bahwa LCD dapat digunakan sebagai penampil karakter secara baik.

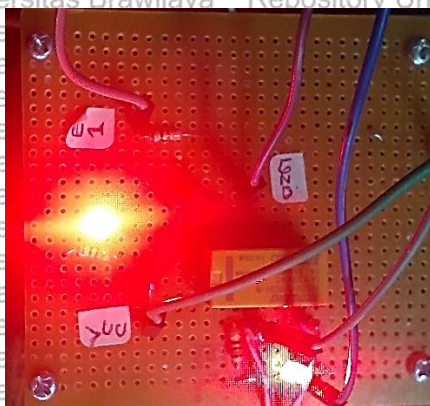
### 4.1.3 Pengujian Rangkaian *Relay*

Pengujian pada rangkaian *relay* dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian *relay* berfungsi dengan baik. *Relay* yang di gunakan adalah *relay normally close* dimana saat tidak ada arus yang mengalir maka saklar *relay* pada keadaan tertutup. Pada pengujian ini masukan pada *relay* diberikan LED dan keluaran pada *relay* juga di berikan LED. LED ini dihubungkan untuk mengetahui terhubung atau tidaknya saklar pada *relay* dan mengetahui ada arus yang mengalir atau tidak. Pada Gambar 4.2 adalah gambar pengujian rangkaian *relay* pada saat masukan diberikan logika 0 (tegangan 0 volt).



**Gambar 4. 2** Rangkaian Pengujian *Relay* dengan Masukan Logika 0

Saat masukan diberikan logika 1 (tegangan 5 volt) maka LED pada masukan *relay* menyala, dan LED pada saklar akan menyala menandakan saklar dalam keadaan terhubung. Hasil pengujian dengan masukan logika 1 dapat dilihat pada Gambar 4.3



**Gambar 4.3** Rangkaian Pengujian *relay* dengan Masukan Logika 1

Dari hasil pengujian pada rangkaian *relay* maka rangkaian tersebut bekerja dan dapat digunakan sebagai saklar dengan waktu dari masukan *keypad*.

#### 4.1.4 Pengujian Waktu *Delay*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil perintah *delay* untuk mengubah logika keluaran dari mikrokontroler ke rangkaian *relay* apakah sudah sesuai dengan masukan *keypad*. Saklar yang terhubung akan menyala sesuai dengan keluaran mikrokontroler. Pengujian ini menggunakan *stopwatch* sebagai pembanding antara waktu pada *stopwatch* dengan waktu saklar terhubung (saat mikrokontroler mengeluarkan logika 1). Berikut adalah Tabel 4.2 hasil pengujian :



**Tabel 4. 2** Hasil Pengujian *Delay*

Masukan <i>Keypad</i>	<i>Stopwatch</i>
500 ms	501
1000 ms	1004
1500 ms	1506
2000 ms	2001
2500 ms	2505
3000 ms	3001

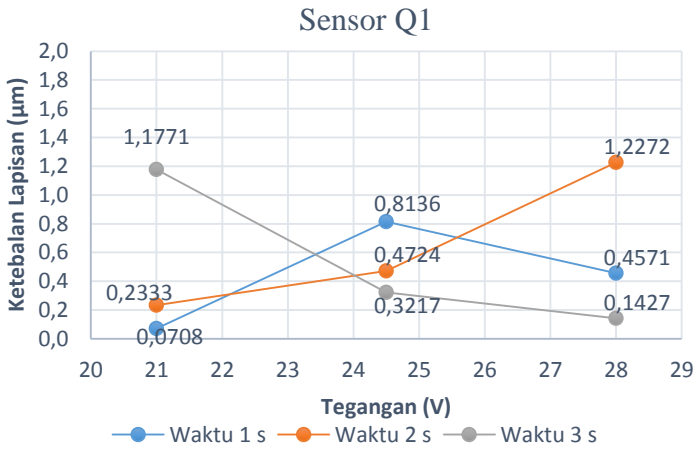
Pada Tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa output *delay* pada program tersebut dapat digunakan.

## 4.2 Pengambilan Data




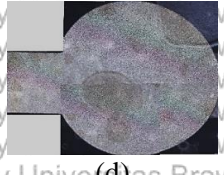
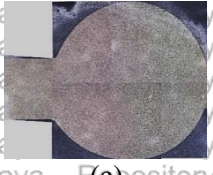
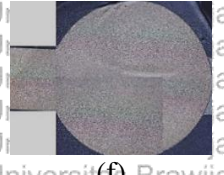
Tahap pengambilan data dilakukan untuk melihat sejauh mana hasil kerja dari *atomizer spray coater* yang telah dibuat dengan menggunakan sensor QCM dimana dilakukan penambahan lapisan tipis pada permukaannya.

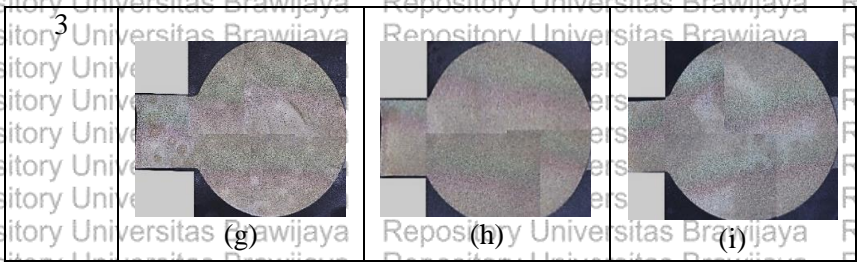
### 4.2.1 Pengaruh Perubahan Tegangan Terhadap Ketebalan Lapisan dan Penyebaran *Polystyrene* Di Permukaan Sensor QCM

Pengambilan data ini bertujuan untuk melihat hubungan serta pengaruh tegangan yang diberikan pada transduser piezoelektrik terhadap ketebalan lapisan *polystyrene* dan penyebaran *Polystyrene* permukaan sensor QCM. Hubungan antara tegangan yang diberikan ke transduser piezoelektrik dengan ketebalan lapisan dapat dilihat pada Gambar 4.4, Gambar 4.6, dan Gambar 4.7.



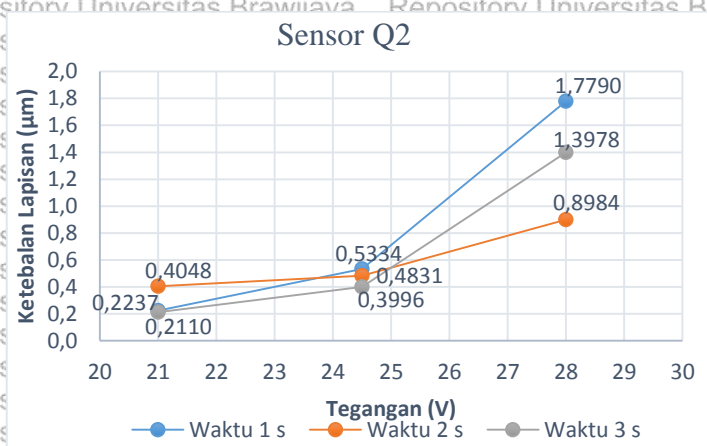
**Gambar 4.4** Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Ketebalan pada Sensor Q1

Waktu (s)	Tegangan		
	21 Volt	24,5 Volt	28 Volt
1	 (a)	 (b)	 (c)
2	 (d)	 (e)	 (f)

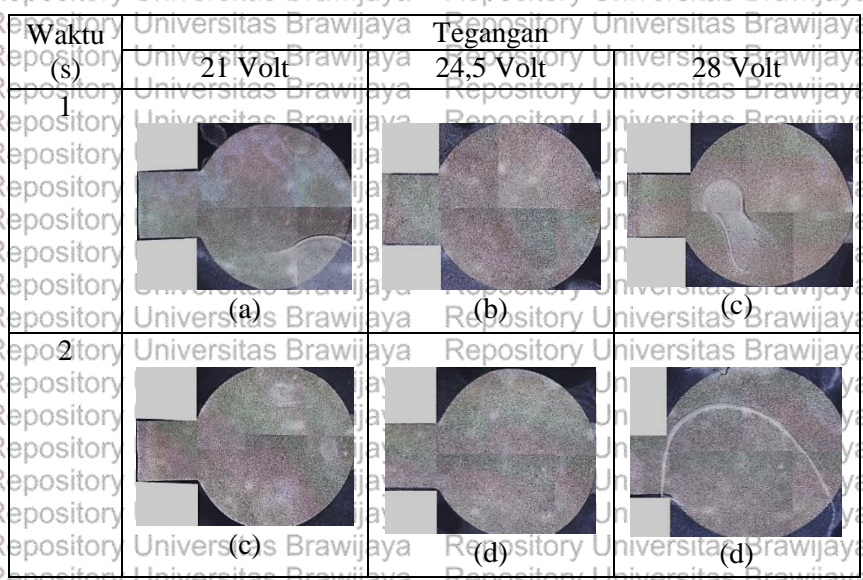


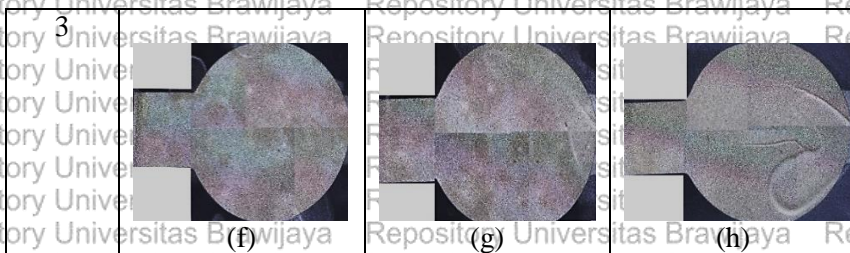
**Gambar 4.5** Morfologi Permukaan Sensor QCM untuk Pengaruh Tegangan Terhadap Ketebalan pada Sensor Q1

Pada sensor Q1 pengaruh tegangan terhadap nilai ketebalan yang dihasilkan tidak teratur. Dapat dilihat pada Gambar 4.4 untuk sensor Q1 waktu 2 detik semakin tinggi tegangan semakin tinggi nilai ketebalan yang dihasilkan. Penyebaran *polystyrene* di permukaan sensor QCM dapat dilihat pada Gambar 4.5 pada waktu 2 detik bahwa semakin besar tegangan yang diberikan semakin merata *polystyrene* pada permukaan sensor QCM. Pada lama penyemprotan 1 detik dihasilkan nilai ketebalan pada tegangan 28 volt lebih rendah dibandingkan dengan tegangan 24,5 volt. Pada Gambar 4.5 dapat dilihat penyebaran *polystyrene* di permukaan sensor QCM pada lama penyemprotan 1 detik, semakin tinggi tegangan akan semakin merata *polystyrene* pada permukaan sensor QCM sehingga tidak bisa dilihat hubungan meratanya *polystyrene* pada permukaan dengan ketebalan yang dihasilkan. Pada lamanya penyemprotan 3 detik semakin tinggi tegangan yang diberikan semakin menurun nilai ketebalan yang dihasilkan, untuk penyebaran *polystyrene* di permukaan sensor QCM yang dihasilkan lebih merata di tegangan 24,5 volt. Hal ini terjadi akibat permukaan piezoelektrik berbentuk cembung sehingga larutan yang diletakkan di permukaan piezoelektrik tidak merata sehingga saat piezoelektrik bergetar larutan yang teratomisasi tidak sempurna di seluruh permukaan piezoelektrik.



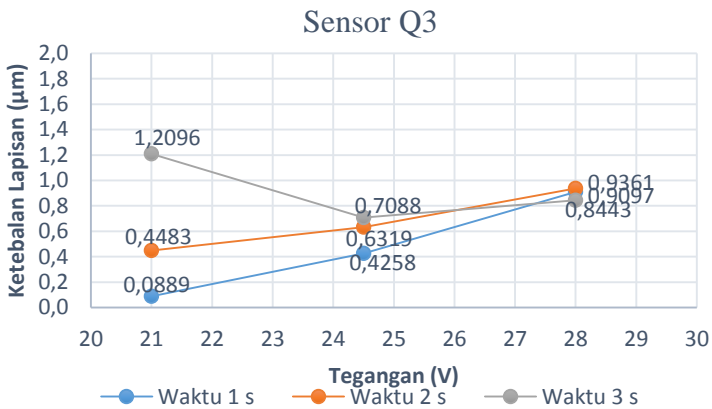
**Gambar 4. 6** Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Ketebalan Lapisan Pada Sensor Q2



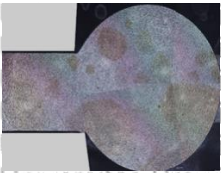
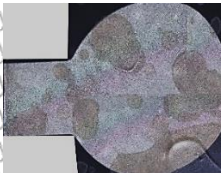
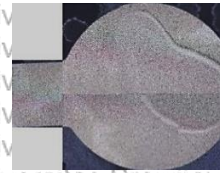

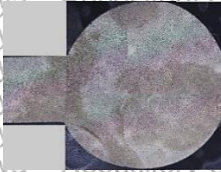
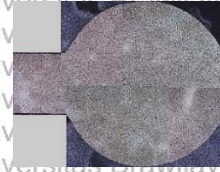


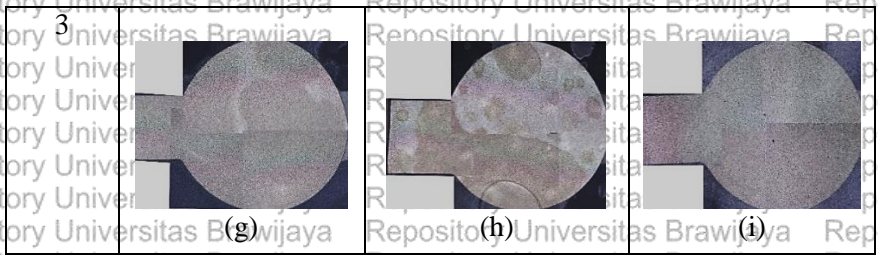
**Gambar 4.7** Morfologi Permukaan Sensor QCM untuk Pengaruh Tegangan Terhadap Ketebalan pada Sensor Q2

Dapat dilihat pada Gambar 4.6 untuk sensor Q2 pengaruh tegangan yang diberikan ke piezoelektrik dengan ketebalan lapisan yang dihasilkan yaitu semakin tinggi tegangan maka semakin tinggi nilai ketebalan yang dihasilkan. Pada Gambar 4.7 dapat dilihat untuk sensor Q2 pengaruh tegangan yang diberikan dengan penyebaran *polystyrene* di permukaan sensor QCM yaitu semakin tinggi tegangan yang diberikan maka semakin merata *polystyrene* yang terdepositasi di permukaan sensor QCM. Hal ini disebabkan oleh semakin besar tegangan yang dihasilkan maka amplitudo dari getaran yang dihasilkan semakin besar sehingga proses atomisasi yang terjadi akan semakin baik sehingga larutan yang di letakkan pada permukaan piezoelektrik akan terdepositasi dengan baik.



**Gambar 4.8** Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Ketebalan Lapisan Pada Sensor Q3

Waktu (s)	Tegangan		
	21 Volt	24,5 Volt	28 Volt
1	 (a)	 (b)	 (c)
2	 (d)	 (e)	 (f)

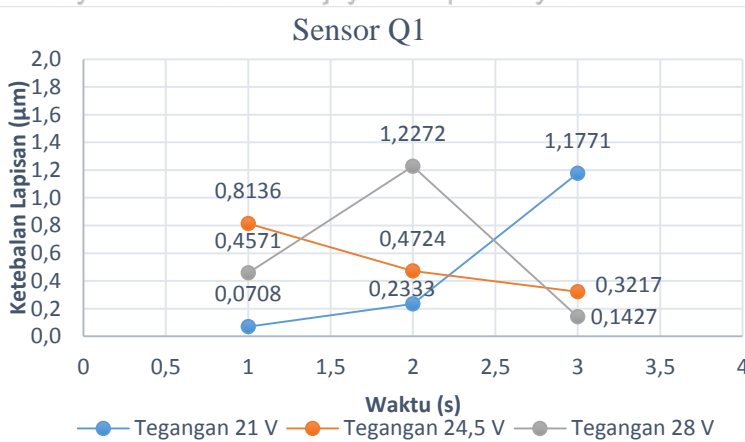


**Gambar 4.9** Morfologi Permukaan Sensor QCM untuk Pengaruh Tegangan Terhadap Ketebalan pada Sensor Q3

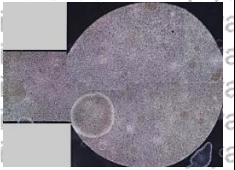
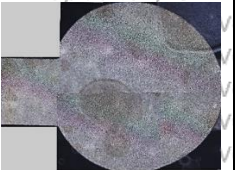
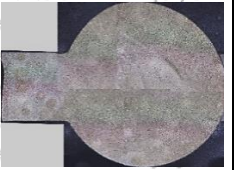
Pada Gambar 4.8 dapat dilihat untuk sensor Q3 pengaruh tegangan yang diberikan ke piezoelektrik dengan ketebalan yang dihasilkan tidak teratur. Pada lama penyemprotan 1 detik dan 2 detik semakin tinggi tegangan maka semakin tinggi nilai ketebalan yang dihasilkan. Pada Gambar 4.9 dapat dilihat penyebaran *polystyrene* di permukaan sensor QCM untuk waktu 1 detik dan 2 detik yaitu semakin tinggi tegangan maka semakin merata *polystyrene* yang terdeposisi di permukaan sensor QCM. Pada waktu 3 detik nilai ketebalan yang dihasilkan pada tegangan 21 volt lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan 24,5 volt. Pada Gambar 4.9 untuk waktu 3 detik dengan tegangan 21 volt lebih merata dibandingkan dengan tegangan 24 volt. Tidak teraturnya nilai ketebalan lapisan disebabkan oleh beberapa faktor. Larutan *polystyrene* yang digunakan adalah *polystyrene* dengan konsentrasi 3%. Makin tinggi konsentrasinya maka nilai viskositasnya semakin tinggi sehingga hasil molekul yang disemprotkan lebih sulit untuk dipecah dan lapisan yang dihasilkan tidak teratur. Saat proses pelapisan, getaran yang dihasilkan oleh transduser piezoelektrik akan merambat kesegala arah sehingga larutan yang disemprotkan tidak bisa difokuskan. Semakin besar tegangan yang diberikan ke transduser piezoelektrik maka getaran yang dihasilkan akan semakin besar dan larutan *polystyrene* yang disemprotkan akan lebih banyak yang sampai sehingga dapat terdeposisi secara merata pada permukaan sensor QCM.

#### 4.2.2 Pengaruh Waktu Pelapisan Terhadap Ketebalan Lapisan Penyebaran *Polystyrene* Di Permukaan Sensor QCM

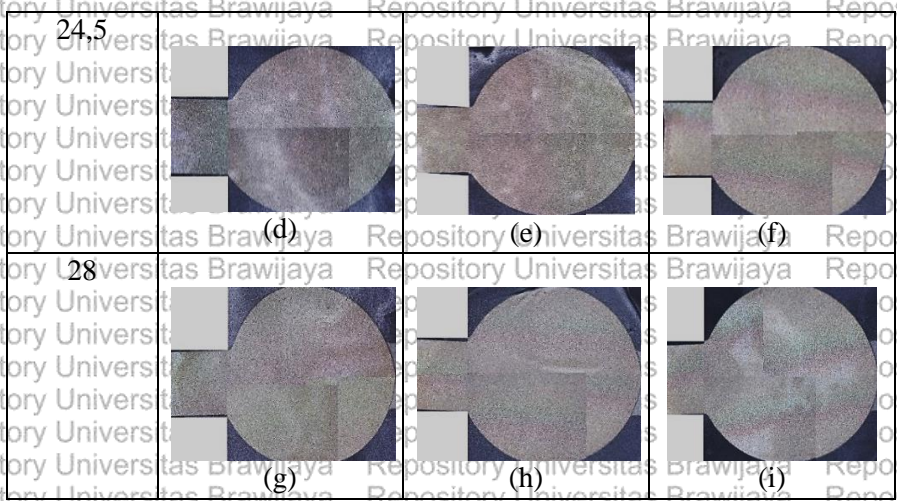
Pengambilan data ini bertujuan untuk melihat hubungan serta pengaruh waktu lamanya penyemprotan terhadap ketebalan lapisan *polystyrene* dan penyebaran *polystyrene* pada permukaan sensor QCM. Hubungan antara lamanya penyemprotan dengan ketebalan lapisan dapat dilihat pada Gambar 4.4, Gambar 4.6, dan Gambar 4.7



**Gambar 4. 10** Grafik Pengaruh Waktu Lamanya Penyemprotan Terhadap Ketebalan Lapisan Pada Sensor Q1

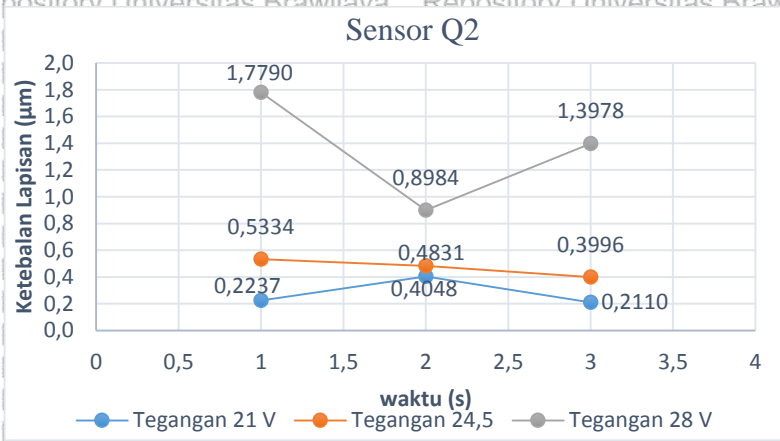
Tegangan (volt)	Waktu		
	1 s	2 s	3 s
21			
	(a)	(b)	(c)



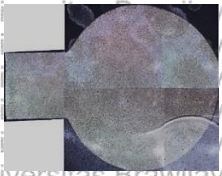
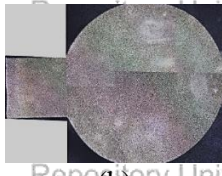
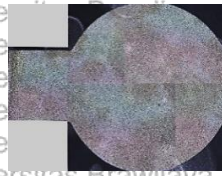
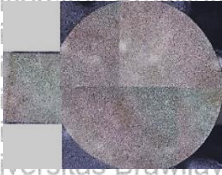
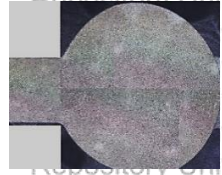
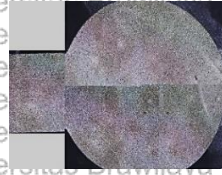


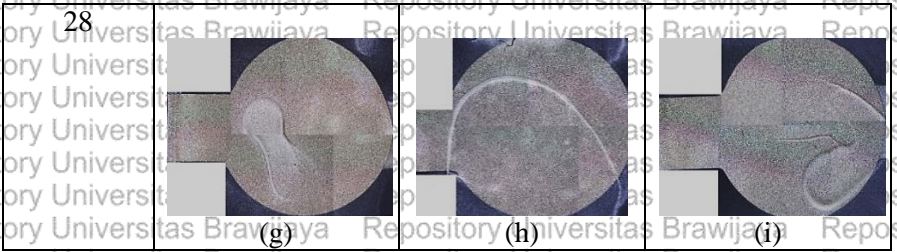
**Gambar 4. 11** Morfologi Permukaan Sensor QCM untuk Pengaruh Waktu Lamanya Penyemprotan Terhadap Ketebalan pada Sensor Q1

Pada Gambar 4.10 dapat dilihat pengaruh lamanya penyemprotan pada sensor Q1 dengan nilai ketebalan dan penyebaran *polystyrene* pada permukaan sensor QCM yaitu tidak teratur. Pada tegangan 21 volt dapat dilihat bahwa semakin lama proses penyemprotan maka semakin tinggi nilai ketebalan yang dihasilkan. Pada Gambar 4.11 dapat dilihat pengaruh lamanya penyemprotan dengan penyebaran *polystyrene* di permukaan sensor QCM yaitu semakin lama penyemprotan maka semakin merata *polystyrene* yang terdeposisi di permukaan sensor QCM. Pada tegangan 24,5 volt semakin lama penyemprotan maka semakin menurun nilai ketebalan yang dihasilkan dan semakin lama penyemprotan maka semakin merata *polystyrene* yang terdeposisi di permukaan sensor QCM. Pada tegangan 28 volt pengaruh lamanya penyemprotan dengan nilai ketebalan dan penyebaran *polystyrene* di permukaan sensor QCM tidak teratur. Hal ini disebabkan waktu yang diberikan untuk piezoelektrik bergetar belum dapat menghasilkan larutan yang teratomisasi dengan baik.



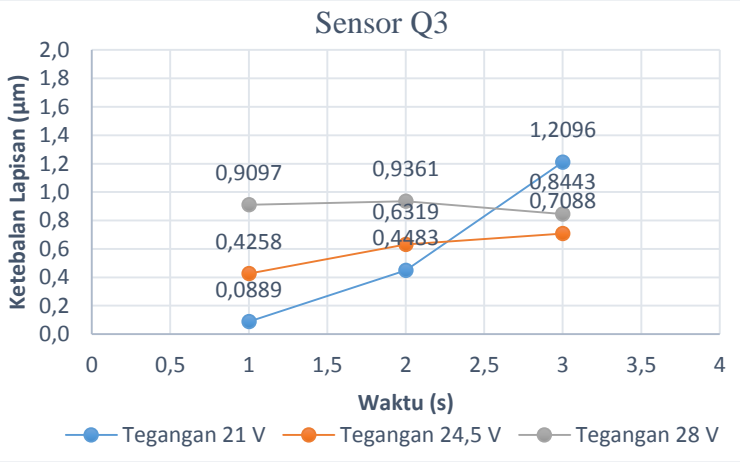
**Gambar 4. 12** Grafik Pengaruh Waktu Lamanya Penyemprotan Terhadap Ketebalan Lapisan Pada Sensor Q2

Tegangan (volt)	Waktu		
	1 s	2 s	3 s
21			
24,5			

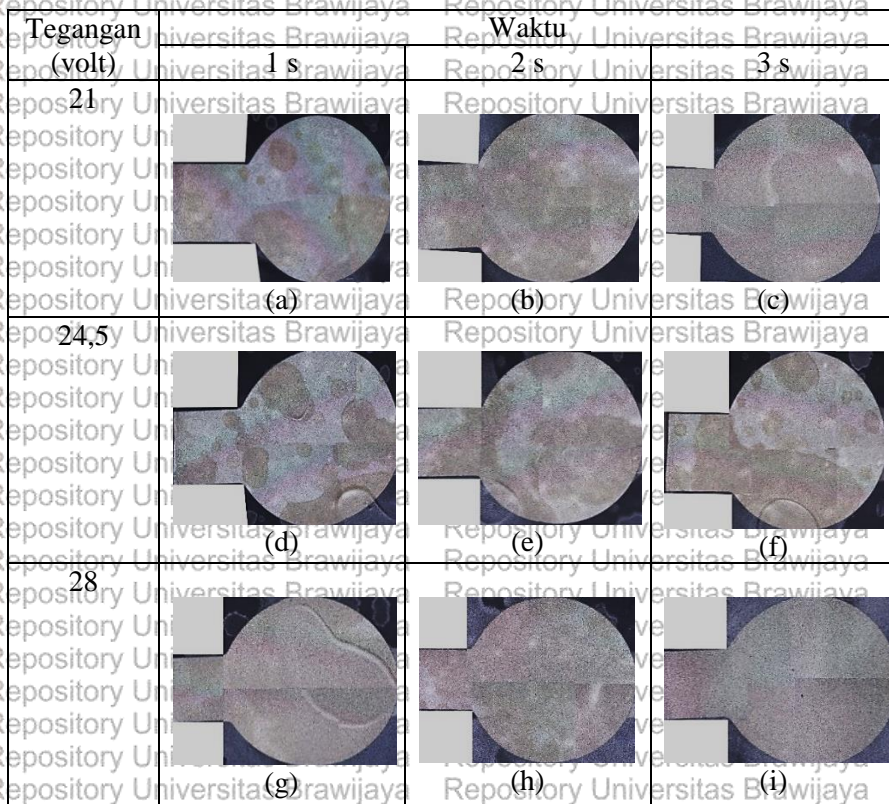


**Gambar 4.13** Morfologi Permukaan Sensor QCM untuk Pengaruh Waktu Lamanya Penyemprotan Terhadap Ketebalan pada Sensor Q2

Pada Gambar 4.12 untuk sensor Q2 dapat dilihat grafik pengaruh lamanya penyemprotan dengan nilai ketebalan yang dihasilkan yaitu tidak teratur pada setiap tegangan. Pada Gambar 4.13 dapat dilihat pengaruh lamanya penyemprotan dengan penyebaran *polystyrene* di permukaan sensor QCM yaitu tidak teratur. Hal ini disebabkan oleh piezoelektrik yang bergetar menghasilkan getaran yang singkat sehingga proses atomisasi yang terjadi tidak sempurna. Getaran yang merambat semakin singkat dan menjalar kesegala arah.



**Gambar 4.14** Grafik Pengaruh Waktu Lamanya Penyemprotan Terhadap Ketebalan Lapisan Pada Sensor Q3



**Gambar 4. 15** Morfologi Permukaan Sensor QCM untuk Pengaruh Waktu Lamanya Penyemprotan Terhadap Ketebalan pada Sensor Q3

Pada Gambar 4.14 dapat dilihat pengaruh lamanya penyemprotan pada sensor Q3 dengan nilai ketebalan dan penyebaran *polystyrene* di permukaan sensor QCM yaitu tidak teratur. Pada tegangan 21 volt dan tegangan 24,5 volt dapat dilihat semakin lama penyemprotan maka semakin tinggi nilai ketebalan yang dihasilkan. Pengaruh lamanya penyemprotan dengan penyebaran *polystyrene* di permukaan sensor QCM dapat dilihat pada Gambar 4.11 semakin lama penyemprotan maka semakin merata *polystyrene* yang terdeposisi di permukaan sensor QCM. Pada tegangan 28 volt nilai ketebalan yang dihasilkan tidak teratur dan dapat dilihat penyebaran *polystyrene* di permukaan sensor QCM yang dihasilkan tidak teratur. Hal ini

disebabkan semakin lamanya penyemprotan maka semakin banyak *polystyrene* yang disemprotkan dan terdeposisi pada permukaan sensor QCM. Faktor lain disebabkan oleh larutan *polystyrene* yang diletakkan di permukaan transduser piezoelektrik tidak menyebar secara merata di seluruh bagian permukaan transduser piezoelektrik. Semakin cepat waktu penyemprotan semakin tidak teratur hasil ketebalan yang didapat. Hal ini disebabkan karena waktu getaran yang merambat akan semakin singkat sehingga molekul yang dipecahkan akan semakin sedikit.



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Pada penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah dibuat alat *atomizer spray coating* yang tersusun dari transduser piezoelektrik sebagai penghasil getaran yang memecahkan molekul sehingga dapat teratomisasi, *keypad* 3x4 sebagai masukan lamanya penyemprotan, *relay* sebagai saklar untuk penghubung antara mikrokontroler dengan transduser ultrasonik, dan LCD sebagai penampil waktu lamanya penyemprotan. Sedangkan mikrokontroler sebagai sistem kontrol utama untuk menghasilkan keluaran dengan menggunakan *delay* sesuai dari masukan *keypad*. Alat *atomizer spray coating* ini dibuat khusus untuk melapisi permukaan sensor QCM.
2. Hasil dari pelapisan dengan alat *atomizer spray coating* dapat dilihat hubungan tegangan dan lamanya penyemprotan dengan ketebalan lapisan yang dihasilkan serta penyebaran polystyrene pada permukaan sensor QCM yaitu tidak teratur. Hal ini disebabkan oleh larutan belum teratomisasi dengan baik dan bergerak ke segala arah.

### 5.2 Saran

Hasil pelapisan dari alat yang telah dibuat belum maksimal maka disarankan untuk memperbaiki sistem kontrol dengan menggunakan fungsi timer sehingga waktu yang dihasilkan akan lebih baik, dan disarankan dilakukan pengembangan agar penyrotannya dapat terfokus.





## DAFTAR PUSTAKA

- Behbehani, Ali. 2012. "12-Key Keypad Connection to a Microcontroller." *Using Standard Keypad by Grayhill Inc* 1–15. diakses 3 Oktober 2016 ([http://www.egr.msu.edu/classes/ece480/capstone/spring12/group07/ECE480/Documents\\_files/Ali\\_Behbehani\\_Application\\_Notes.pdf](http://www.egr.msu.edu/classes/ece480/capstone/spring12/group07/ECE480/Documents_files/Ali_Behbehani_Application_Notes.pdf)).
- Chang, Biao, and Tan Zhao. 2008. "QUARTZ CRYSTAL MICROBALANCE STUDY OF DNA IMMOBILIZATION AND HYBRIDIZATION FOR DNA SENSOR DEVELOPMENT." *Department of Civil and Environmental Engineering, Michigan State University*.
- Corporation Sono-Tek. 2012. "Ultrasonic Atomization Technology for Precise Coatings - Ultrasonic Spray Nozzles." *International Society of Coating Science and Technology*.
- Didik, Lalu A., Eka Rahmawati, Fadli Robiandi, Susi Rahayu, and D. J. Djoko H. Santjojo. 2014. "Penentuan Ketebalan Lapisan Polistiren dan Zinc Phthalocyanine ( ZnPc ) dengan Modifikasi Persamaan Sauerbrey dan Scanning Electron Microscope ( SEM )." *NATURAL B, Vol. 2* 331–35.
- Eslamian, Morteza. 2014. "Spray-on Thin Film PV Solar Cells: Advances, Potentials and Challenges." *Coatings* 4(1):60–84.
- Graco. 1995. "Airless Spray Coating Technology Concept and Theory Training." *Graco Inc.*
- Graco. 2010. "The Basics Of Airless Spraying - An Overview of Airless Sprayers." *Graco Inc.* diakses 11 Oktober 2016 (<http://www.graco.com/content/dam/graco/ced/literature/misc/321132/321132EN-F.pdf>).
- Griffin, Deal and. 2010. "Microfabrication and thin film technology." *Silicon VLSI Technology*.
- Hierlemann, Andreas, Oliver Brand, Christoph Hagleitner, and Henry Baltes. 2003. "Microfabrication Techniques for Chemical / Biosensors." *Institute of Electrical and Electronics Engineers*.
- Jaruwongrungees, K., T. Maturos, and P. Sritongkum. 2009. "Analysis of Quartz Crystal Microbalance Sensor Array with

Circular Flow Chamber.” *Analysis of Quartz Crystal Microbalance Sensor Array with...* 50–54.

Jie, Han. 2006. “Technical background, applications, and implementation of quartz crystal microbalance systems.” *app QCM* (September).

Medical Design Briefs. 2012. “Ultrasonic Atomization: Advanced Coating of Balloon Catheters.” *Tech Briefs Media Group*. diakses 25 Oktober 2016 (<http://www.medicaldesignbriefs.com/component/content/article/mdb/features/12816>).

Microchip. 2012. “PIC18 (L) F2X/45K/50, 28/40/44-Pin, Low-Power, High-Performance Microcontrollers with BLP Technology.” *Microchip Technology, Inc* 18(L).

Parallax. 2011. “Membrane 3x4 Matrix Keypad + extras.” *Parallax Inc* 3–4. diakses 3 Oktober 2016 ([https://media.digikey.com/pdf/Data\\_Sheets/Adafruit\\_PDFs/419\\_Web.pdf](https://media.digikey.com/pdf/Data_Sheets/Adafruit_PDFs/419_Web.pdf)).

Pham, Nga P., Joachim N. Burghartz, and Pasqualina M. Sarro. 2005. “Spray coating of photoresist for pattern transfer on high topography surfaces.” *Journal of Micromechanics and Microengineering* 15:691–97.

Ramansuri, C. et al. 2009. “Immunoanalytical techniques for analyzing pesticides in the environment.” *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 28(1):29–39.

Sakti, S. P., S. Rosler, and S. Ansorge. 1999. “Thick polystyrene-coated quartz crystal microbalance as a basis of a cost effective immunosensor.” *Sensors and Actuators* 76 98–102.

Sauerbrey, Gunter. 1959. “Verwendung von Schwingquarzen zur Wägung dünner Schichten und zur Mikrowägung.” *Zeitschrift für Physik* 222(1959).

Tole, Nimrod M. 2005. “Basic Physics Of Ultrasonographic Imagine.” in *Diagnostic Imaging and Laboratory Technology*. Geneva: World Health Organization.

Vishay. 2016. “16 x 2 Character.” *Vishay Inc*. 1–3. diakses 4 Oktober 2016 (<http://www.vishay.com/docs/37297/37297>).

Wicaksono, Handy. 2009. “Relay – Prinsip dan Aplikasi.” *Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra* 1–12.

Wijayanto, Vani Rachmad, 2012. "Rancang Bangun dan Otomatisasi Sistem Coating dengan Teknk Spray Coating Berbasis PXI 6251 dan LABVIEW 8.2.1 sebagai Pembuat Lapisan Tipis Pada Sensor QCM (Quartz Cristal Microbalance)." *Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya*.



## LAMPIRAN

### Lampiran A. 1 Program Sistem Terkontrol

```
char kp; // mendefinisikan kp
sebagai string
int angka, key, angka[5]; // mendefinisikan
variabel angka dan key sebagai integer
char txt[6]; // variabel txt dengan
range 6 untuk menampilkan nilai kp
char disp[6]; // variabel disp dengan
range 6 untuk menampilkan nilai angka
char keypadPort at PORTD; // untuk
mengkoneksi modul keypad

// LCD module connections
sbit LCD_RS at RB1_bit;
sbit LCD_EN at RB3_bit;
sbit LCD_D4 at RB4_bit;
sbit LCD_D5 at RB5_bit;
sbit LCD_D6 at RB6_bit;
sbit LCD_D7 at RB7_bit;

sbit LCD_RS_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB3_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB6_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB7_bit;
// End LCD module connections

void main() {
int col; // menginisialisasikan
col dan row sebagai letak keypad
int row;
ANSELB = 0; // menonaktifkan ADC
pada port B
ANSELD = 0; // menonaktifkan ADC
pada port D
```

```

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
OSCCON = 0xFF; // osilator internal di
atur menjadi 16 MHz
TRISE0_bit=0;
TRISE1_bit=0;
ANSE0_bit = 0;
ANSE1_bit = 0;
PORTE=0x00;
Keypad_Init (); // menginisialisasi
Keypad
Lcd_Init (); // menginisialisasi lcd
Lcd_Cmd ( LCD_CURSOR_OFF); // menonaktifkan kursor
Lcd_Cmd( LCD_CLEAR); // menghapus tampilan
LCD
Lcd_Out (1,3,"ULTRASONIC");
Lcd_Out (2,5,"SPRAY");
Delay_ms(3000);

while(1){
row = 1;
col = 1;
Lcd_Cmd( LCD_CLEAR);
Lcd_Out(1,1,"waktu");
Lcd_Out(1,14,"ms");
angka = 0;
angka[0]=0;
angka[1]=0;
angka[2]=0;
angka[4]=0;
angka[3]=0;

do {
kp = 0; //
meriset variabel kp
key = 100; //
meriset variabel key
do

kp = Keypad_Key_Click(); // Store
key code in kp variable
while (!kp);
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

```



```
// mengatur masukan dari keypad dan di atur
nilai key dan kp
```

```
switch (kp) {
```

```

    case 1: kp = '1'; key=1 ; break; // 1      49
    case 2: kp = '4';key=4 ; break; // 4      52
    case 3: kp = '7';key=7 ; break; // 7      55
    case 4: kp = '*';key=107; break; // *      42
    case 5: kp = '2';key=2 ; break; // 2      50
    case 6: kp = '5';key=5 ; break; // 5      53
    case 7: kp = '8';key=8 ; break; // 8      56
    case 8: kp = '0';key=0 ; break; // 0      48
    case 9: kp = '3';key=3 ; break; // 3      51
    case 10: kp = '6';key=6 ; break; // 6      54
    case 11: kp = '9';key=9 ; break; // 9      57
    case 12: kp = '#'; key = 101; break; // #

```

```
67
```

```
}
```

```
// fungsi untuk mengatur nominal yang di
berikan pada keypad
```

```
if((key != 107)&&( key != 101))
```

```
{
```

```
    if(col<= 5){
```

```

        Lcd_Chrc(row, 8+col, kp);
        angka[col-1] = key;
        angka *= 10;
        angka += angka[col-1];
        col++;
    }
```

```
} else {
```

```
    if(key == 107){
```

```
        if (col > 1){
```

```

            col--;
            Lcd_Chrc(row, 8+col, ' ');
            angka -= angka[col-1];
            angka /= 10;
            angka[col-1] = 0;
        }
```

```
    }else{
```

```
        col = 10;
```





**Lampiran B. Data Hasil Penelitian**

No	Tegangan (Volt)	Nama Sensor								
		Q1			Q2			Q3		
		$f_0$ (Hz)	$\Delta f$ (Hz)	$\Delta h$ ( $\mu\text{m}$ )	$f_0$ (Hz)	$\Delta f$ (Hz)	$\Delta h$ ( $\mu\text{m}$ )	$f_0$ (Hz)	$\Delta f$ (Hz)	$\Delta h$ ( $\mu\text{m}$ )
1	21	10001909	5548	0,2333	10004160	9631	0,4048	10007394	10673	0,4483
2	24,5	10002465	11236	0,4724	10003286	11491	0,4831	10004618	15037	0,6319
3	28	10002524	29188	1,2272	10003113	21370	0,8984	10005451	22277	0,9361

**Lampiran B. 1 Data Pelapisan dengan Waktu 1 detik**

No	Tegangan (Volt)	Nama Sensor								
		Q1			Q2			Q3		
		$f_0$ (Hz)	$\Delta f$ (Hz)	$\Delta h$ ( $\mu\text{m}$ )	$f_0$ (Hz)	$\Delta f$ (Hz)	$\Delta h$ ( $\mu\text{m}$ )	$f_0$ (Hz)	$\Delta f$ (Hz)	$\Delta h$ ( $\mu\text{m}$ )
1	21	9999856	1684	0,0708	10001772	5320	0,2237	10003683	2115	0,0889
2	24,5	10002409	19351	0,8136	10007281	12700	0,5334	10007281	10138	0,4258
3	28	10002481	10873	0,4571	10003806	42324	1,7790	10003806	21643	0,9097

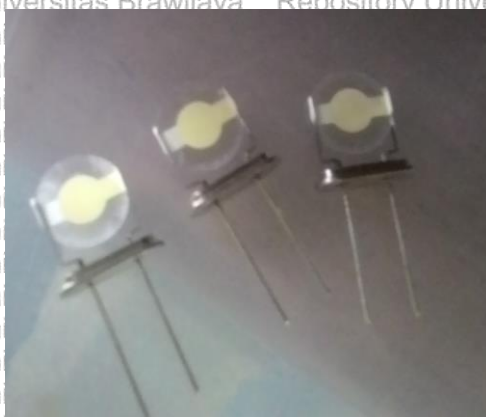
**Lampiran B. 2 Data Pelapisan dengan Waktu 2 detik**



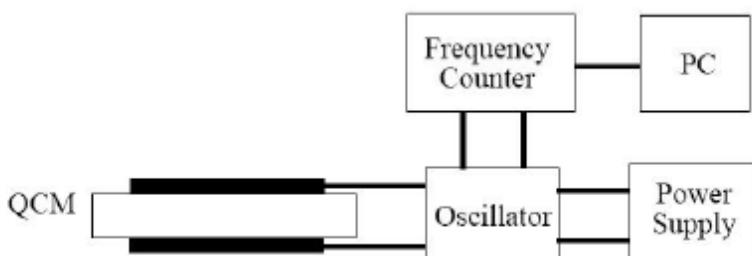
## LAMPIRAN C : Gambar Alat dan Bahan



Lampiran C. 1 Gambar Alat Atomizer Spray Coating



Lampiran C. 2 Gambar Sensor OCM yang Digunakan



Lampiran C. 3 Gambar Rangkaian Untuk Mengukur Frekuensi  
(Chang&Zhao, 2008)

## LAMPIRAN D : Data Sheet



**MICROCHIP**

**PIC18(L)F2X/45K50**

### 28/40/44-Pin, Low-Power, High-Performance Microcontrollers with XLP Technology

#### Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Crystal-less Full Speed (12 Mb/s) and Low-Speed Operation (1.5 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 Bidirectional)
- 1 Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver

#### Flexible Oscillator Structure:

- 3x and 4xPLL Clock Multipliers
- Two External Clock modes, Up to 48 MHz (12 MIPS)
- Internal 31 kHz Oscillator
- Internal Oscillator, 31 kHz to 16 MHz
  - Factory calibrated to  $\pm 1\%$
  - Self-tune to  $\pm 0.20\%$  max. from USB or secondary oscillator
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor:
  - Allows for safe shutdown if any clock stops

#### Peripheral Highlights:

- Up to 33 I/O pins plus 3 Input-Only Pins:
  - High-current Sink/Source 25 mA/25 mA
  - Three programmable external interrupts
  - 11 programmable interrupts-on-change
  - 9 programmable weak pull-ups
  - Programmable slew rate
- SR Latch
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
  - One, two or four PWM outputs
  - Selectable polarity
  - Programmable dead time
  - Auto-shutdown and auto-restart
  - Pulse steering control
- Capture/Compare/PWM (CCP) module
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module

- Digital-to-Analog Converter (DAC) module:
  - Fixed Voltage Reference (FVR) with 1.024V, 2.048V and 4.096V output levels
  - 5-bit rail-to-rail resistive DAC with positive and negative reference selection
- High/Low-Voltage Detect module
- Charge Time Measurement Unit (CTMU):
  - Supports capacitive touch sensing for touch screens and capacitive switches
- Enhanced USART module:
  - Supports RS-485, RS-232 and LIN/J2602
  - Auto-wake-up on Start bit
  - Auto-Baud Detect

#### Extreme Low-Power Management with XLP:

- Sleep mode: 20 nA, typical
- Watchdog Timer: 300 nA, typical
- Timer1 Oscillator: 800 nA @ 32 kHz
- Peripheral Module Disable

#### Special Microcontroller Features:

- Low-Power, High-Speed CMOS Flash Technology
- C Compiler Optimized Architecture for Re-Entrant Code
- Power Management Features:
  - Run: CPU on, peripherals on, SRAM on
  - Idle: CPU off, peripherals on, SRAM on
  - Sleep: CPU off, peripherals off, SRAM on
- Priority Levels for Interrupts
- Self-Programmable under Software Control
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
  - Programmable period from 4 ms to 131s
- Single-Supply In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via Two Pins
- In-Circuit Debug (ICD) with Three Breakpoints via Two Pins
- Optional dedicated ICD/ICSP Port (44-pin TQFP Package Only)
- Wide Operating Voltage Range:
  - F devices: 2.3V to 5.5V

- Supporting 3-Wire SPI (all 4 modes) and I<sup>2</sup>C™
- Master and Slave modes
- Two Analog Comparators with Input Multiplexing
- 10-Bit Analog-to-Digital (A/D) Converter module:
  - Up to 25 input channels
  - Auto-acquisition capability
  - Conversion available during Sleep

- LF devices: 1.8V to 3.6V
- Flash Program Memory of 10,000 Erase/Write Cycles Minimum and 20-year Data Retention

## Lampiran D. 1 Data Sheet Mikrokontroler PIC18F45K50

[Enlarge Image](#)[Share](#)

## 16mm 1.7MHz Humidifier Ultrasonic Atomization Piece Mist Atomizer

FOB Price: [Get Latest Price >](#)

Min. Order: 1,000 Pieces

Port: Shenzhen, China

Production Capacity: 300000

Payment Terms: L/C, T/T, Western Union, Paypal, Money Gram

[Contact Now](#)[Request Sample](#)[Chat with Supplier](#)[Inquiry Basket](#)[Favorites](#)

Request a custom order and have something just for you!

 [Send Customized Request](#)

### Basic Info

Model NO.: KS-16-1.7BU

Output Signal Type: Digital Type

Sensitivity: High

Measuring Medium: Solid

IP Rating: IP22

Customized: Customized

Brand Name: Cosson

Material: Ceramic Atomizer, Axis

Diameter: 16mm

Working Hours: Above on 5000 Hours

Business Type: Factory and Manufacturer

Transport Package: Carton

Origin: Shenzhen

Type: Atomization Piece

Production Process: Ceramics

Probe Type: Straight Probe

Detection mode: On the Radio

Certification: RoHS

Place of Origin: Guangdong, China (Mainland)

Model Number: Ks-16-1.7bu

Frequency: 1.7MHz or Custom

Electrode: Two Side Electrode

Atomization Amount: Above on 300ml

Trademark: KS

Specification: 16mm

### Product Description

#### 16mm 1.7mhz Humidifier Ultrasonic Atomization Piece Mist Atomizer

##### Application

\*Humidifier(1.7MHZ 220V PCB atomizing spray)

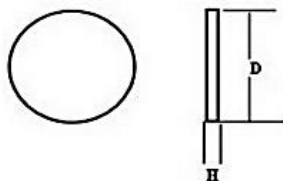
\*sprayer for medical purpose

##### Specification

Diameter	16mm/20mm/25mm
Thickness	1.2mm
Material	Axis
Electrode	one side or different side
Resonant Frequency	1.7MHZ & 2.4MHZ
Atomization amount	≥300ml
Quality control	ROHS & ISO 9001

### Dimention

	KS-16-1.7BU	KS-20-1.7BU	KS-20-2.4BU	*KS-25-1.7BU
D	16	20	20	25
H	1.20	1.20	0.8	1.20



Lampiran D. 2 DataSheet Transducer Piezoelektrik