

RANCANG BANGUN ALAT UKUR RLC METER BERBASIS ARDUINO MEGA

Design and Development of RLC Meter Measuring Tools Based on Arduino Mega

Ni Made Seniari¹, I.A Sri Adnyani¹, Ahmad Sandi Yayan Saputra¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram

Jl. Majapahit No.62, Mataram, NTB, Indonesia

Email: seniari_nimade@unram.ac.id¹, adnyani@unram.ac.id², sandi_yayans@gmail.com³

ABSTRAK

Pengukuran komponen Resistor (R), Induktor (L) dan Kapasitor (C) umumnya menggunakan alat ukur masing-masing yaitu Ohm meter, Induktansi meter dan Kapasitansi meter. Alat ukur tersebut umumnya berbentuk digital maupun analog. Sistem kerjanya ada yang menggunakan sifat muai panjang dari logam, atau menggunakan arus induksi. Selanjutnya perlu alat ukur yang dapat mengukur Resistor, Induktansi dan Kapasitansi dengan satu alat ukur, pengukuran lebih presisi serta metode pengukuran yang lebih modern dengan menggunakan software. Untuk itu dilakukan perancangan pengukuran RLC meter berbasis Arduino Mega. Langkah awal adalah merancang sketch (program) pada Arduino Mega, selanjutnya merancang pengukuran resistansi, kapasitansi dan induktansi pada software Fritzing. Dalam perancangan digunakan teori pembagian arus, pembagian tegangan, teori pengisian dan pengosongan kapasitor, dan dipadukan dengan kemampuan dari mikrokontroler Arduino Mega 2560. Mikrokontroler ini memiliki 54 pin digital input/output, sehingga pengukuran komponen R, L, dan C menjadi lebih sederhana dengan keakuratan lebih tinggi. Penulisan source program, kompilasi, upload hasil kompilasi dan uji coba secara terminal serial, digunakan perangkat lunak *Integrated Development Environment* (IDE). Hasil pengukuran ditampilkan secara digital di LCD (*Liquid Crystal Display*). Hasil rancangan menunjukkan bahwa alat ukur RLC meter berbasis Arduino Mega lebih simple karena mampu mengukur komponen R, L dan C dengan satu alat ukur. Persentase error rata-rata hasil pengukuran menurun, bila dibandingkan mengukur dengan Dekko 63LCR, yaitu dari 3,58 menjadi 1,99; dari 7,64 menjadi 5,31 dan dari 9,13 menjadi 5,15 pada pengukuran R, C dan L.

Kata kunci: Mengukur Resistor, Induktor, Kapasitor, mikrokontroler Arduino Mega.

ABSTRACT

Measuring components of resistors (R), inductors (L) and capacitors (C) generally use measuring instruments respectively, namely Ohm meters, Inductance meters and Capacitance meters. These measuring instruments are generally digital or analog. There are working systems that use the long expansion properties of metal, or use induced currents. Furthermore, we need measuring instruments that can measure resistors, inductors and capacitors with one measuring instrument, more precise measurements and more modern measurement methods using software. For this reason, the design of the RLC meter measurement based on the Arduino Mega was carried out. The first step is designing a sketch (program) on the Arduino Mega, then designing resistance, capacitance and inductance measurements in the Fritzing software. In the design, current sharing theory, voltage sharing, capacitor charging and discharging theory are used, and combined with the capabilities of the Arduino Mega 2560 microcontroller. This microcontroller has 54 digital input / output pins, so that the measurement of R, L, and C components becomes simpler with higher accuracy. Writing source programs, compiling, uploading compilation results and testing them in a serial terminal, the Integrated Development Environment (IDE) software is used. The measurement results are displayed digitally on the LCD (Liquid Crystal Display). The design results show that the Arduino Mega-based RLC meter measuring instrument is simpler because it is able to measure the R, L and C components with one measuring instrument. The percentage error in the average measurement results decreased, when compared to measuring with the Dekko 63LCR, namely from 3.58 to 1.99; from 7.64 to 5.31 and from 9.13 to 5.15 in the calculation of R, C and L.

Key words: Measuring Resistors, Inductors, Capacitors, Arduino Mega microcontrollers

PENDAHULUAN

Komponen pasif dalam rangkaian listrik yaitu resistor (R), induktor (L) dan kapasitor (C). Besaran nilai komponen, bisa dilihat langsung dari kode yang tertulis pada komponen tersebut, atau dengan menggunakan instrumen alat ukur, masing-masing menggunakan ohm meter, induktansi meter dan kapasitansi meter.

Ketiga alat ukur tersebut sistem kerjanya ada yang mengandalkan arus induksi, sifat muai panjang metal, pergerakan pegas dan lain-lain. Pengukuran menjadi kurang praktis karena di perlukan tiga alat ukur dalam pengukuran ke tiga komponen tersebut.

Untuk itu diperlukan suatu perancangan alat ukur yang lebih praktis yaitu mengukur nilai resistor, induktor dan kapasitor hanya dengan satu alat ukur, range pengukuran dan ketelitian lebih fleksibel, dengan system kerja yang lebih modern, yaitu memanfaatkan *software* yang sedang berkembang. Alat ukur yang di maksud menggunakan kemampuan dari mikrokontroler *Arduino Mega*, yang pengembangan aplikasinya memerlukan *Integrated Development Environment (IDE)*.

Pengukuran

Pengukuran adalah membandingkan suatu besaran yang tidak diketahui harganya dengan besaran lain yang telah diketahui nilainya.

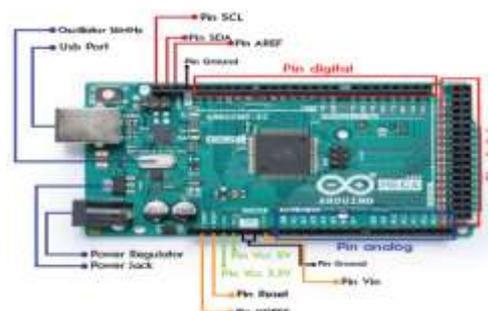
Dalam elektronika sering di lakukan pengukuran komponen resistor (R), inductor (L), dan kapasitor (C). Komponen-komponen tersebut mempunyai fungsi yang berbeda-beda dalam rangkaian elektronika. Resistor satuannya *Ohm* (Ω), adalah komponen yang berfungsi untuk menghambat arus listrik, untuk mendapatkan tegangan yang di inginkan. Resistor bekerja tidak terpengaruh oleh frekuensi. Kapasitor dan induktor biasanya diaplikasikan pada rangkaian yang berhubungan dengan frekuensi. Induktor berfungsi untuk menyimpan arus listrik (I) dalam bentuk medan magnet (H), dan satuannya *Henry* (H). Kapasitor berfungsi untuk menyimpan tegangan listrik (V) dalam bentuk medan listrik (E), dan satuan kapasitor adalah *Farad* (F) [1].

Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 diperlihatkan pada gambar 1, merupakan papan mikrokontroler berbasis *ATmega2560* (datasheet

ATmega2560). Mikrokontroler ini memiliki 54 pin digital input/output. Pin-pin tersebut terdiri dari: 15 pin sebagai output *PWM*, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai *UART (port serial hardware)*, 16 MHz kristal osilator, koneksi *USB*, *jack power*, *header ICSP*, Dan tombol reset. Dengan menghubungkan papan mikrokontroler ke komputer melalui kabel *USB*, atau power dihubungan dengan adaptor *AC-DC* atau baterai, untuk mulai mengaktifkannya. *Arduino Mega2560* memerlukan *Integrated Development Environment (IDE)* yaitu sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi mikrokontroler mulai dari menuliskan *source* program kompilasi, *upload* hasil kompilasi dan uji coba secara terminal serial, di perlihatkan pada gambar 2[3].

Hasil pengukuran di tampilkan di *LCD (Liquid Chrystal Display)* secara digital seperti gambar 3.



Gambar 1. Arduino Mega2560[3]

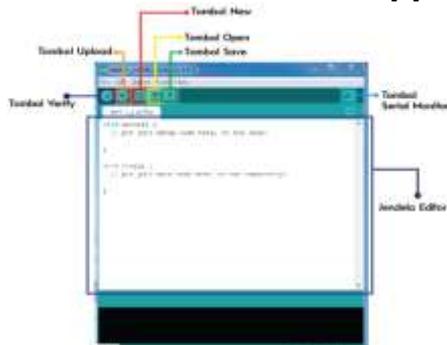
Spesifikasi dari *Arduino ATmega2560* di tampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi sederhana dari *Arduino Mega2560*

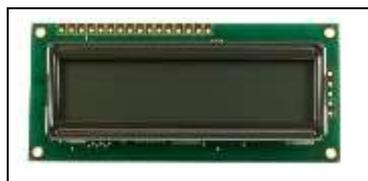
Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasi	5V
Input Voltage (disarankan)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Pin Digital I/O	54 (yang 15 pin digunakan sebagai output PWM)
Pins Input Analog	16
Flash Memory	256 KB (8 KB digunakan untuk bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB

LCD dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian depan panel *LCD* dan bagian belakang *LCD*. Bagian depan terdiri dari banyak *dot* atau titik *LCD*. Bagian belakang *LCD* adalah tempat menempelkan mikrokontroler yang berfungsi untuk mengatur titik-titik *LCD* sehingga dapat

menampilkan huruf, angka, dan simbol khusus yang dapat terbaca di LCD yang dikirim dalam bentuk kode ASCII. [2].



Gambar 2. IDE Arduino[9]



Gambar 3. LCD[9]

LCD 16x2 adalah tipe LCD yang terdiri dari dua baris dan dapat menampilkan 16 karakter untuk tiap barisnya, satu karakter ditampilkan pada dot matriks 5x8 pada LCD. Dengan demikian LCD 16x2 terdiri dari 32 buah dot matriks 5x8. LCD 16x2 ini terdapat 16 pin yang memiliki fungsi yang berbeda yaitu sebagai V_{SS} , V_{CC} , $V_{kontras}$, R_s , R/W , E , $D_0...D_7$, $V+BL$ dan $V-BL$.

Untuk lebih jelasnya berikut adalah Tabel konfigurasi LCD 16x2 yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Konfigurasi LCD 16x2

Pin Number	Symbol	Function
1	V_{SS}	Ground
2	V_{dd}	+3V or +5V
3	V_o	Contrast Adjustment
4	R_s	H/L Register Select Signal
5	R/W	H/L Read and Write Signal
6	E	H/L Enable 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
15	A/Vee	+4.2V for LED/Negative Voltage Output
16	K	Power Supply for B/L (0V)

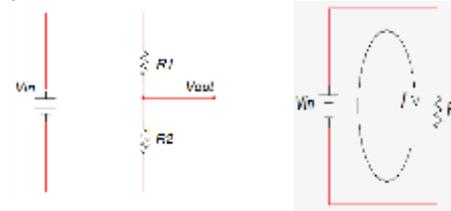
PRINSIP-PRINSIP PENGUKURAN

Dasar-dasar dari pengukur nilai Resistor, Induktor dan Kapasitor menggunakan prinsip-prinsip pembagian tegangan, pembagian arus, pengisian dan pengosongan muatan listrik serta osilasi pada element-element yang di maksud, seperti di uraikan lebih lanjut.

Rangkaian Dasar

Pembagi tegangan (*voltage divider*) secara sederhana dibentuk oleh rangkaian seri dari dua buah hambatan, dengan sebuah suplai tegangan. Diantara kedua hambatan tersebut, diambil sebuah jalur yang akan digunakan sesuai keperluan kita, misalnya sebagai inputan ke mikrokontroler, seperti gambar 4a.

Persamaan Matematis pembagi tegangan di buat dengan asumsi terdapat arus tunggal yang mengalir pada rangkaian tersebut ($I_1 = I_2 = I$), dan dua buah resistor (R_1 dan R_2) yang terhubung secara seri, selanjutnya dijadikan sebagai sebuah hambatan pengganti. Maka rangkaiannya dapat disederhanakan seperti pada Gambar 4b.



a. Rangkaian dasar pembagi tegangan b. Rangkaian penyederhanaan
Gambar 4. Pembagian Tegangan[9]

Seperti yang telah diketahui bahwa $R = R_1 + R_2$, maka arus yang mengalir pada rangkaian adalah:

$$I = \frac{V_{in}}{R} = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2}$$

Karena I ekuivalen dengan I_2 , maka V_{out} dapat dicari sebagai berikut:

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2} R_2$$

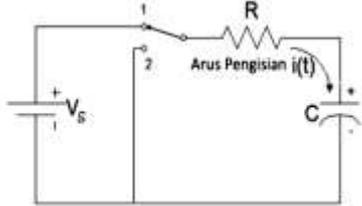
$$V_{out} = V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Dalam penerapannya, hanya dengan mengatur-atur besar R_1 dan R_2 , didapat variasi nilai V_{out} .

Rangkaian RC Pengisian Kapasitor

Pada domain waktu, rangkaian RC dimanfaatkan sebagai pendeferensiasi sinyal (diferensiator) dan untuk mengintegrasikan sinyal (integrator)..

Rangkaian RC sederhana terdiri atas satu resistor, satu kapasitor, satu sumber tegangan DC, dan satu buah saklar, ditunjukkan gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian RC Pengisian Kapasitor. [8]

Jika saklar diarahkan ke posisi 1 maka akan mengalir arus $i(t)$ mengisi kapasitor C dan dalam keadaan ini dapat ditulis persamaan:

$$V_s = V_R + V_C$$

$$V_s = iR + \frac{Q}{C}$$

$$V_s = \frac{dQ}{dt} R + \frac{Q}{C}$$

$$\frac{dQ}{dt} R = V_s - \frac{Q}{C}$$

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{1}{R} (V_s - \frac{Q}{C}) \dots\dots\dots 1$$

$$\frac{dQ}{(V_s - \frac{Q}{C})} = \frac{1}{R} dt \dots\dots\dots 2$$

Jika ruas kiri dan ruas kanan dibagi dengan $(V_s - \frac{Q}{C})$, maka persamaan 2 dapat diubah bentuknya menjadi:

$$\frac{dQ}{(V_s - \frac{Q}{C})} = -\frac{1}{RC} dt \dots\dots\dots 3$$

$$\int_0^{Q(t)} \frac{dQ}{(V_s - \frac{Q}{C})} = -\frac{1}{RC} \int_0^t dt \dots\dots\dots 4$$

Berdasarkan rumus integral, bahwa :

$$\int \frac{1}{ax + b} dx = \frac{1}{a} \ln|ax + b|$$

sehingga persamaan 4 dapat diubah menjadi:

$$\ln|Q - CV_s| \Big|_0^{Q(t)} = -\frac{t}{RC}$$

$$\ln\{Q(t) - CV_s\} - \ln\{Q(0) - CV_s\} = -\frac{t}{RC}$$

$$\ln\{Q(t) - CV_s\} - \ln\{-CV_s\} = -\frac{t}{RC}$$

$$\ln\left(\frac{Q(t) - CV_s}{-CV_s}\right) = -\frac{t}{RC}$$

Telah diketahui bahwa:

$$e^{\ln(x)} = x, \text{ sehingga}$$

$$e^{\ln\left(\frac{Q(t) - CV_s}{-CV_s}\right)} = e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\frac{\{Q(t) - CV_s\}}{-CV_s} = e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$Q(t) = -CV_s e^{-\frac{t}{RC}} + CV_s$$

$$Q(t) = CV_s (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \dots\dots\dots 5$$

Oleh karena muatan listrik yang mengisi kapasitor besarnya $Q(t) = CV_C(t)$ maka tegangan kapasitor,

$$CV_C(t) = CV_s (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

$$V_C(t) = V_s (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \dots\dots\dots 6$$

Persamaan 6 menunjukkan besarnya tegangan kapasitor yang merupakan fungsi waktu t , sedangkan persamaan arus yang mengisi kapasitor dapat diturunkan dari persamaan 5. Oleh karena besarnya arus pada proses pengisian kapasitor didefinisikan sebagai besar muatan per satuan waktu maka,

$$i(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = \frac{d}{dt} CV_s (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

$$i(t) = \frac{d}{dt} CV_s - CV_s \frac{d}{dt} e^{-\frac{t}{RC}}$$

Berdasarkan rumus diferensial, diketahui bahwa:

$$\frac{d}{dx} e^u = e^u \frac{du}{dx}$$

sehingga persamaan dapat diubah menjadi:

$$i(t) = 0 - (CV_s) (e^{-\frac{t}{RC}}) \left(-\frac{1}{RC}\right)$$

$$i(t) = \frac{V_s}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \dots\dots\dots 7$$

dengan

$V_C(t)$ = tegangan pada kapasitor (V)
 $i(t)$ = arus yang mengalir pada kapasitor setiap saat (A)

V_s = tegangan sumber (V)
 e = bilangan natural = 2,72
 RC = Konstanta

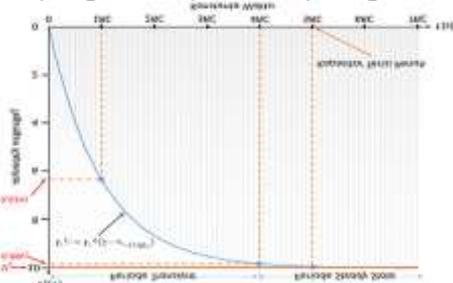
waktu (*timeconstant*) dalam satuan detik (s)
 Konstanta waktu diberi simbol τ (*tau*), sehingga : $\tau = RC \dots\dots\dots 8$

Persamaan 6 dan 7 menunjukkan besarnya tegangan dan arus kapasitor selama komponen mengalami pengisian muatan. Jika ke dalam kedua persamaan tersebut dimasukkan nilai-nilai variabel t untuk $R=10 \text{ K}\Omega$, dan $C=0,1 \mu\text{F}$, dapat dihasilkan nilai-nilai tegangan dan arus kapasitor seperti ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3 Nilai tegangan dan arus pada pengisian kapasitor untuk $RC=1\text{ms}$ [8]

Waktu(t)	Tegangan Kapasitor(V)) $V_m=V_s=10\text{V}$	Arus Kapasitor(μA) $I_m=1000\mu\text{A}$	%Tegangan terhadap V_m	%Arus Kapasitor terhadap I_m
$1\text{ms}=1RC$	6,32	368	$63,2\% V_s$	$36,8\% I_m$
$2\text{ms}=2RC$	8,65	135	$86,5\% V_s$	$13,5\% I_m$
$3\text{ms}=3RC$	9,50	50	$95,0\% V_s$	$5,0\% I_m$
$4\text{ms}=4RC$	9,82	18	$98,2\% V_s$	$1,8\% I_m$
$5\text{ms}=5RC$	9,93	7	$99,3\% V_s$	$0,7\% I_m$
$6\text{ms}=6RC$	9,98	2	$99,8\% V_s$	$0,2\% I_m$
$7\text{ms}=7RC$	9,99	1	$99,9\% V_s$	$0,1\% I_m$

Plotting antara V_c terhadap t diperoleh kurva pengisian kapasitor seperti gambar 6.

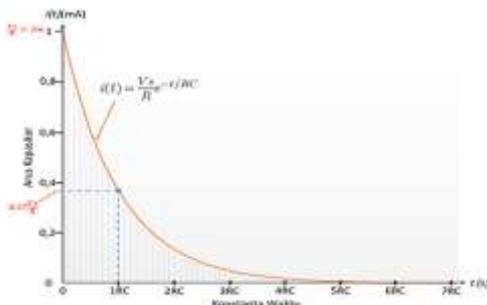


Gambar 6. Kurva tegangan kapasitor terhadap waktu selama pengisian muatan[8]

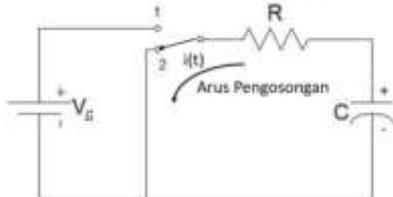
Plotting antara arus terhadap waktu selama pengisian kapasitor menghasilkan kurva seperti gambar 7.

Rangkaian RC Pengosongan Kapasitor

Dari gambar 5, saat saklar diarahkan ke posisi 1, rangkaian akan membentuk konfigurasi pengisian kapasitor. Apabila kapasitor telah terisi penuh dengan muatan, saklar kemudian diarahkan ke posisi 2 seperti gambar 8, maka rangkaian akan membentuk konfigurasi pengosongan kapasitor dengan arah arus terbalik menuju ke potensial nol.



Gambar 7. Kurva arus kapasitor terhadap waktu selama pengisian muatan[8]



Gambar 8. Rangkaian RC Pengosongan Kapasitor [8]

Dalam keadaan seperti ini $V_s=0$ dan persamaan tegangan menjadi:

$$-V_R + V_C(t) = 0$$

$$V_C(t) = -V_R \dots \dots \dots 9$$

Persamaan dapat diubah dalam bentuk:

$$V_C(t) = -i(t)R$$

$$\frac{Q}{C} = -\frac{dQ}{dt} R \dots \dots \dots 10$$

$$\frac{dQ}{Q} = -\frac{1}{RC} dt$$

Jika ruas kiri dan ruas kanan diintegrasikan, maka persamaan dapat diubah bentuknya menjadi:

$$\int_{Q(0)}^{Q(t)} \frac{dQ}{Q} = -\frac{1}{RC} \int_0^t dt$$

$$\ln|Q| \Big|_{Q(0)}^{Q(t)} = -\frac{t}{RC}$$

$$\ln Q(t) - \ln Q(0) = -\frac{t}{RC}$$

$$\ln \frac{Q(t)}{Q(0)} = -\frac{t}{RC}$$

$$\ln \frac{Q(t)}{Q(0)} = -\frac{1}{RC} t$$

$$e^{\ln \frac{Q(t)}{Q(0)}} = e^{-\frac{1}{RC} t}$$

Berdasarkan sifat bilangan natural, bahwa : $e^{\ln(x)} = x$

sehingga ruas kiri dan ruas kanannya bila dijadikan pangkat dari e, maka akan dihasilkan persamaan:

$$\frac{Q(t)}{Q(0)} = e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$Q(t) = Q(0)e^{-\frac{t}{RC}} \dots \dots \dots 11$$

$$CV_C(t) = CV_C(0)e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$V_C(t) = V_C(0)e^{-\frac{t}{RC}}$$

Oleh karena pada saat awal pengosongan kapasitor ($t=0$) nilai tegangan awal pada ujung-ujung kapasitor sama dengan nilai tegangan sumber $V_C(0) = V_S$, maka persamaan dapat ditulis dalam bentuk:

$$V_C(t) = V_S e^{-\frac{t}{RC}} \dots \dots \dots 12$$

Persamaan 12 menunjukkan tegangan kapasitor selama proses pengosongan muatan (*discharging*) berlangsung. Persamaan arus pengosongan dapat diturunkan dari persamaan 11. Oleh karena pada proses pengosongan kapasitor arusnya berkurang dari waktu ke waktu makapersamaannya dapat ditulis :

$$i(t) = -\frac{dQ(t)}{dt}$$

(tanda negatif menunjukkan arus semakin lama semakin berkurang). Substitusi persamaan ini ke dalam persamaan 11 menghasilkan persamaan:

$$i(t) = -\frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{dQ(0)}{dt} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$i(t) = -I(0)e^{-\frac{t}{RC}}$$

Pada saat awal ($t=0$), nilai muatan kapasitor maksimum, sehingga arus awalnya juga maksimum yakni sebesar $\frac{V_S}{R}$. Persamaan arus pengosongan dapat ditulis;

$$i(t) = -\frac{V_s}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \dots\dots\dots 13$$

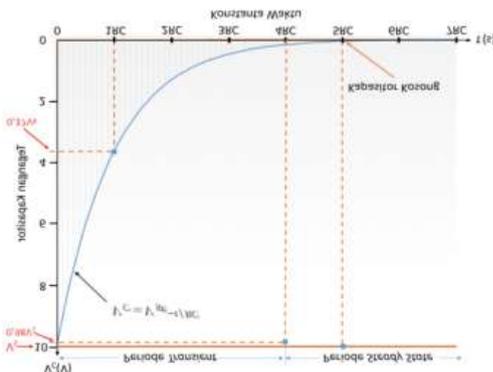
Jika ke dalam persamaan 12 dan 13 dimasukkan nilai-nilai variabel t untuk R 10K Ω dan $C=0.1\mu F$ akan menghasilkan nilai-nilai tegangan dan arus kapasitor seperti tabel 4.

Plotting antara V_c terhadap waktu (t) diperoleh kurva pengosongan seperti gambar 9.

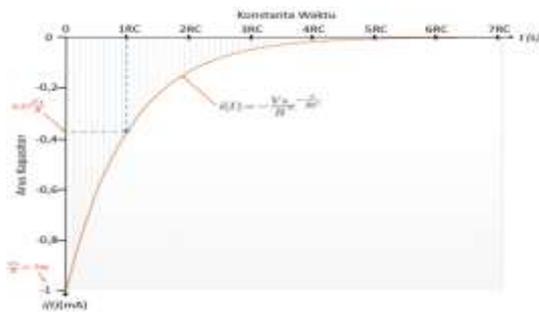
Plotting antara arus terhadap waktu selama pengosongan kapasitor menghasilkan kurva seperti gambar 10.

Tabel4. Nilai tegangan dan arus pada pengosongan kapasitor untuk $RC=1ms$ [8]

Waktu(t)	Tegangan Kapasitor (V) $V_m=V_s=10V$	Arus Kapasitor (μA) $I_m=1000\mu A$	%Tegangan Kapasitor terhadap V_m	%Arus Kapasitor terhadap I_m
1ms=1RC	3,68	-36,8	36,8% V_s	36,8% I_m
2ms=2RC	1,35	-135	13,5% V_s	13,5% I_m
3ms=3RC	0,50	-50	5,0% V_s	5,0% I_m
4ms=4RC	0,18	-18	1,8% V_s	1,8% I_m
5ms=5RC	0,07	-7	0,7% V_s	0,7% I_m
6ms=6RC	0,02	-2	0,2% V_s	0,2% I_m
7ms=7RC	0,01	-1	0,1% V_s	0,1% I_m



Gambar 9. Kurva tegangan kapasitor terhadap waktu selama pengisian muatan[8]



Gambar 10. Kurva arus kapasitor terhadap waktu selama pengosongan muatan[8]

Instalasi Dan Pengoperasian Arduino

Arduino merupakan mikrokontroler yang cara pengoperasiannya termasuk sangat mudah dan fleksibel. Pengoperasian papan arduino dimulai dari penginstalan software *IDE Arduino*. Setelah *software IDE Arduino* terinstall, langkah selanjutnya menghubungkan *Arduino* dengan laptop menggunakan kabel *USB*, untuk mengupload program ke *Arduino*, sekaligus sebagai sumber daya 5V untuk *Arduino*.

Untuk mengoperasikan *Arduino*, di lakukan prosedur sebagai berikut.

- Menyambungkan *Arduino* dengan laptop / komputer menggunakan kabel *USB*.
- Menjalankan aplikasi *IDE Arduino* yang sudah diinstall sebelumnya. Di lanjutkan dengan menulis program pada jendela editor.
- Memilih *serial port* yang digunakan, dengan cara mengklik opsi *Tools > Port*, dan pilih *port* yang aktif. seperti pada gambar.
- Memilih opsi *Verify* untuk memeriksa apakah program sudah benar ataukah masih ada *error*.
- Apabila program sudah benar, pilih opsi *Upload* untuk mengirim program ke *Arduino* sehingga *Arduino* akan berfungsi sesuai dengan perintah program yang telah diupload. (Yuliana Eni, 2006).

PERANCANGAN RLC METER DIGITAL BERBASIS ARDUINO MEGA

Perancangan *RLC* Meter Digital berbasis *Arduino Mega* terdiri dalam beberapa bagian [6] :

- a. Perancangan *sketch* (program) pada *Arduino Mega*
- b. Perancangan rangkaian pengukur resistansi
- c. Perancangan rangkaian pengukur kapasitansi
- d. Perancangan rangkaian pengukur induktansi

Perancangan sketch (program) pada Arduino Mega

Berikut di sampaikan contoh list program pada *Arduino Mega*.

```

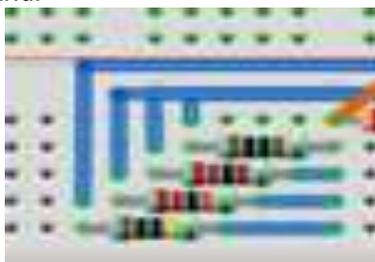
resistance_meter_auto | Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help
resistance_meter_auto $
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3f,20,4);
#define analogPin1 1
#define chargePin 13
#define dischargePin 11
#define resistorValue 10000.0F
unsigned long startTime;
unsigned long elapsedTime;
float microFarads;
float nanoFarads;
int analogPin= 0;
int V_measured= 0;
int Vin= 5;
float Vout= 0;
int apply_voltage = 6;
float R2= 0;
float buffer= 0;
int ch1K = 2;
int ch22K = 3;
int ch220K = 4;
int ch1M = 5;
int chNull = 7;
double pulse, frequency, capacitance, inductance;
void setup()
{
    . . . . .

```

Perancangan Rangkaian Pengukur Resistansi

Rangkaian gambar 11 adalah rangkaian pengukur resistansi yang dirancang pada software Fritzing, berikut adalah penjelasan konsep kerja [7]:

1. Empat resistor (1KΩ, 22KΩ, 220KΩ, 1MΩ) yang akan menjadi *range* (rentang) pengukuran disusun seperti pada gambar 11. Resistor tersebut dihubungkan ke masing-masing pin digital pada Arduino Mega. Pin digital pada posisi ini berfungsi sebagai *ground*.

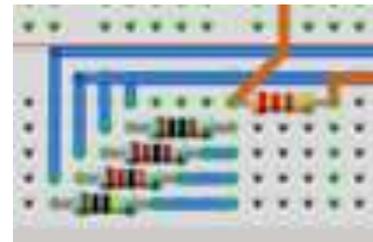


Gambar 11. Resistor di sini sekunder (R_2) yang berfungsi sebagai resistor *range* pengukuran

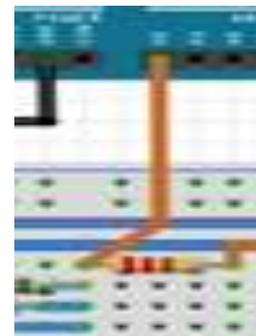
2. Kemudian satu resistor yang akan diukur dihubungkan secara seri dengan keempat resistor *range* tersebut. Resistor kemudian dihubungkan ke

salah satu pin digital *arduino* yang nantinya akan berfungsi sebagai sumber tegangan (V_{cc}) yang akan mengalir ke rangkaian resistor seri.

3. Untuk mendeteksi besar tegangan pada resistor *range* dalam hal ini R_2 karena resistor yang akan diukur (R_1) berada di dekat sumber tegangan (V_{cc}), maka pin analog dihubungkan ke rangkaian resistor seri. Pin analog ini berfungsi untuk mendeteksi tegangan pada sisi resistor *range* (R_2).



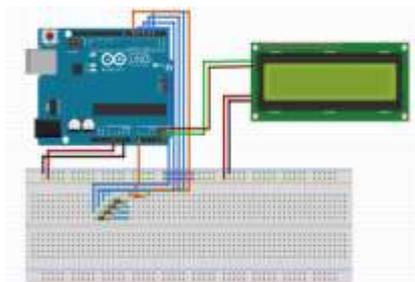
Gambar 12. Resistor yang akan diukur (R_1) yang terhubung seri dengan resistor *range*



Gambar 13. Posisi pin analog terhubung untuk mendeteksi tegangan (V_{R2}) pada resistor seri

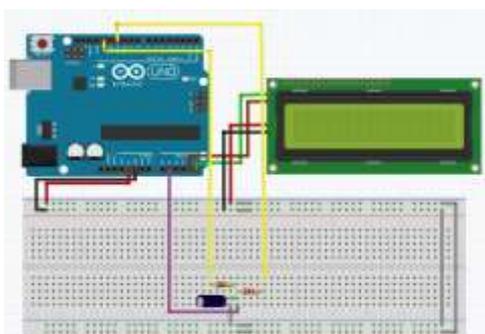
4. Pada *sketch* program *arduino*, empat resistor *range* (R_2) tidak bekerja dalam waktu yang bersamaan. Setiap resistor bekerja sendiri-sendiri secara bergantian mulai dari *range* terkecil sampai yang terbesar dengan perintah *statement control if else* yang ditentukan oleh batasan tegangan yang telah dideteksi pin analog *arduino*.
5. Setelah mendapatkan nilai tegangan (V_{R2}) sesuai batasan yang telah ditentukan pada sisi resistor *range* (R_2) maka nilai resistor yang diukur (R_1) akan ditentukan menggunakan persamaan hukum Kirchoff tegangan.

Gambar 14 memperlihatkan rangkaian pengukur resistansi :



Gambar 14. Perancangan alat ukur resistansi pada software Fritzing

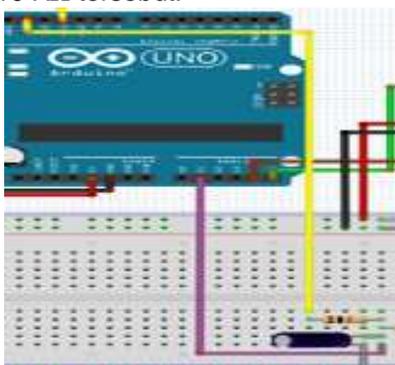
Perancangan Rangkaian Pengukur Kapasitansi



Gambar 15. Perancangan alat ukur kapasitansi pada software Fritzing

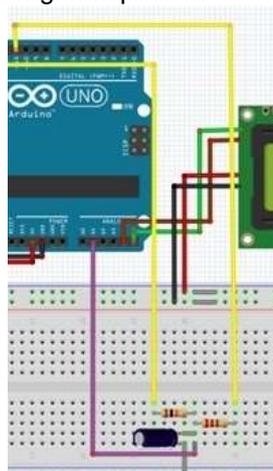
Rangkaian di atas adalah rangkaian pengukur kapasitansi yang dirancang pada software Fritzing, berikut adalah penjelasan konsep kerja rangkaian [4] :

1. Sebuah resistor 10 KΩ dihubungkan secara paralel dengan kapasitor agar arus yang mengalir menjadi lebih kecil sehingga waktu pengisian menjadi lebih lambat, dan mampu terbaca oleh Arduino Mega. Sumber tegangan pada rangkaian ini berasal dari pin digital 13 Arduino yang terhubung dengan resistor 10 KΩ tersebut.



Gambar 16. Rangkaian pada sisi pengisian kapasitor

2. Kemudian dihubungkan lagi resistor 220Ω pada kapasitor secara paralel sebagai posisi *discharging* (pengosongan) kapasitor untuk kalibrasi pengukuran ulang. Resistor untuk *discharging* (pengosongan) ini menggunakan resistor dengan nilai hambatan yang kecil untuk mempercepat proses pengosongan kapasitor. Pin digital 11 pada rangkaian ini dihubungkan pada resistor 220Ω sebagai jalur *grounding* arus pengosongan kapasitor.



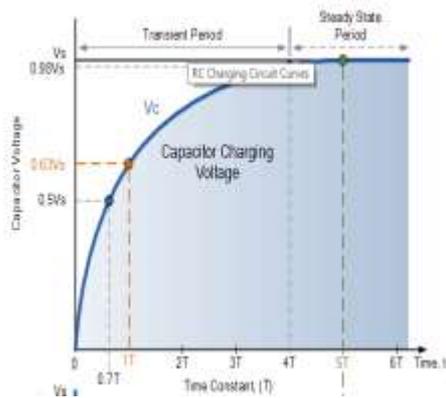
Gambar 17. Rangkaian pada sisi pengisian dan pengosongan kapasitor

3. Pin analog (A1) kemudian dihubungkan pada kapasitor untuk mendeteksi tegangan pada kapasitor (V_C).
4. Pada prinsipnya ketika proses *charging* (pengisian) kapasitor berlangsung, Arduino akan mengatur pin digital 13 sebagai sumber tegangan yang akan mengisi kapasitor sampai tegangan pada kapasitor mencapai nilai $0,63 V_S$. Waktu untuk memperoleh tegangan tersebut merupakan variabel τ (konstanta waktu). Waktu tersebut akan dicatat oleh Arduino untuk memperoleh nilai kapasitor terukur nantinya. Kemudian untuk memastikan tidak ada arus yang akan mengalir pada resistor 220Ω, Arduino akan mengatur pin digital 11 agar memiliki nilai impedansi yang sangat besar sehingga tidak akan ada arus yang mengalir.
5. Setelah mendapatkan variabel τ (waktu untuk mengisi tegangan kapasitor sebesar $0,63 V_S$), nilai kapasitor

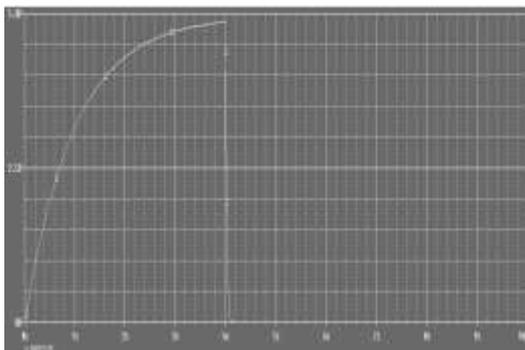
kemudian dapat dicari dengan persamaan :

$$C = \frac{\tau}{R}$$

Setelah mendapatkan nilai kapasitor terukur, kapasitor kemudian dikosongkan (*discharging*). Pada keadaan ini *Arduino* mengatur agar *pin* digital 13 memiliki resistansi yang sangat besar, dan tidak dapat mengalirkan arus dan *pin* digital 11 diatur agar berfungsi sebagai *grounding*. Hal ini bertujuan agar semua tegangan yang telah tersimpan pada kapasitor teralirkan secara penuh ke *pin* digital 11 yang tersambung dengan resistor 220Ω. Gambar 18 menunjukkan grafik tegangan pengisian kapasitor terhadap konstanta waktu :



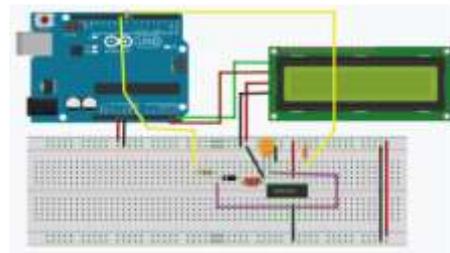
Gambar 18. Kurva tegangan pengisian kapasitor terhadap konstanta waktu[8]



Gambar 19. Hasil simulasi kurva tegangan pengisian kapasitor dengan *software*PSpice 9.1

Perancangan Rangkaian Pengukur Induktansi

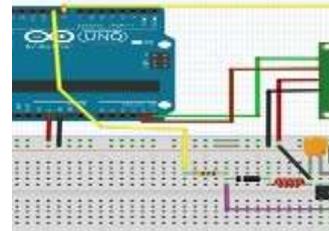
Gambar 20 merupakan rangkaian perancangan pengukuran Induktansi dengan *RLC* meter[4].



Gambar 20. Perancangan alat ukur induktansi pada *software* Fritzing

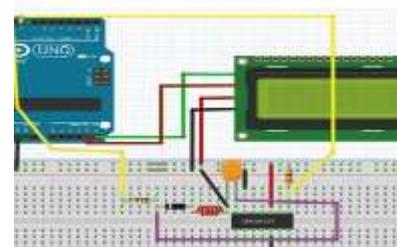
Rangkaian gambar 20 adalah rangkaian pengukur induktansi yang dirancang pada *software*Fritzing, berikut adalah penjelasan konsep kerja rangkaian :

1. *Pin* digital 9 pada *Arduino Mega* dihubungkan dengan resistor 150Ω, dioda, dan rangkaian paralel *LC*. Dioda pada posisi ini berfungsi agar arus dan tegangan yang tersimpan pada kapasitor dan induktor tidak mengalir pada *pin* digital 9 setelah sumber tegangan di lepaskan.



Gambar 21.Perancangan rangkaian Osilator *LC* tanpa komparator

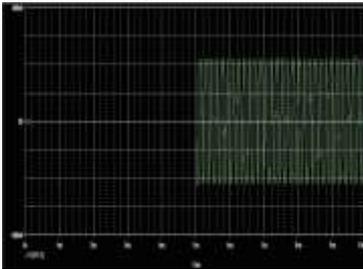
2. Kemudian rangkaian paralel *LC* dihubungkan dengan input komparator *LM339* untuk mengubah sinyal analog hasil osilasi rangkaian paralel *LC* menjadisinyal digital yang dapat di baca oleh *Arduino Mega* dengan bantuan *pin* digital 8.



Gambar 22.Perancangan rangkaian Osilator *LC* dengan komparator

3. Pada prinsipnya *Arduino* akan mengatur *pin* digital 9 agar berfungsi sebagai sumber tegangan selama 5 *ms*, setelah itu sumber tegangan akan terputus.

- Karena perubahan sumber tegangan DC yang secara seketika tersebut maka akan timbul sebuah osilasi sinyal analog dari rangkaian paralel LC berbentuk gelombang AC. Gambar 23 menunjukkan hasil simulasinya pada software PSpice 9.1:
- Karena Arduino memiliki kemampuan yang kurang baik dalam membaca sinyal analog, maka digunakan komparator LM339 yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog osilasi LC tersebut menjadi sinyal digital yang dapat dibaca oleh Arduino Mega melalui pin digital 8 dengan perintah pulseIn(8, HIGH, 5000).



Gambar 23. Hasil simulasi osilasi rangkaian LC paralel dengan software PSpice 9.1

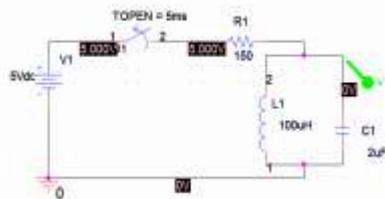
- Hasil dari pembacaan pulsa digital tersebut berupa konstanta waktu untuk membaca setengah gelombang (0,5T). Dari hasil tersebut maka dapat dicari variabel frekuensi resonansi dengan persamaan :

$$F_R = \frac{1}{2(0,5)T}$$

- Setelah mendapatkan nilai frekuensi resonansi, maka nilai induktor terukur dapat di cari dengan persamaan :

$$L = \frac{1}{4\pi^2 F_R^2 C}$$

Berikut rangkaian osillator LC paralel sederhana dengan menggunakan software PSpice 9.1 :



Gambar 24. Simulasi rangkaian LC paralel pada software PSpice 9.1

HASIL PENGUJIAN RLC METER

Setelah rancangan pengukuran RLC berbasis Arduino selesai, selanjutnya di lakukan pengujian, dengan mengukur masing-masing komponen resistansi, induktor dan kapasitor. Nilai yang tertera pada masing-masing komponen sebagai nilai referensi. Hasil pengukuran perbandingan dilakukan dengan mengukur RLC menggunakan alat ukur yang ada di pasaran yaitu alat ukur Dekko 63LCR meter.

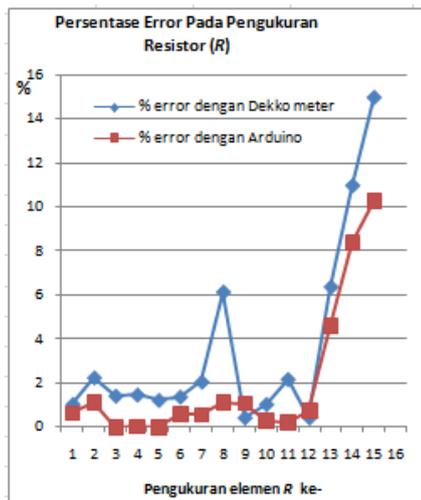
Pengujian Element Resistor

Tabel 5 menunjukkan nilai resistor berdasarkan kode sebagai nilai acuan, dan nilai resistor dari hasil pengukuran menggunakan Dekko 63 LCR dan dengan alat ukur RLC meter yang dibuat.

Tabel 5. Pengujian Resistor dengan Dekko 63LCR meter dan RLC meter Berbasis Arduino Mega

Perco baan ke-	Nilai Resistor Tertera (Ω)	Nilai resistor pada Dekko 63LCR(Ω)	Nilai resistor pada RLC Meter Arduino Mega(Ω)
1	150	148,4	145,66
2	220	187	203,49
3	330	355,23	350,92
4	470	463	479,27
5	560	553	560
6	1000	986	993,72
7	1200	1175	1206,90
8	1800	1779	1864,41
9	2200	2190	2175,86
10	4700	4650	4715,35
11	10000	10220	10275,07
12	22000	21900	21828,79
13	100000	93600	104610
14	200000	178000	183246,34
15	220000	187000	197351,07

Persentase error pengukuran Resistor dengan Dekko 63LCR meter dan dengan RLC meter berbasis Arduino Mega di tunjukkan pada Gambar 25.



Gambar 25. Persentase error pengukuran Resistor dengan Dekko 63LCR dan LCR meter berbasis Arduino Mega

Pengujian Element Kapasitor

Tabel 6 menunjukkan nilai yang tertera pada kapasitor sebagai nilai acuan, dan membandingkan nilai yang terukur pada Dekko 63LCR dengan RLC meter berbasis Arduino Mega.

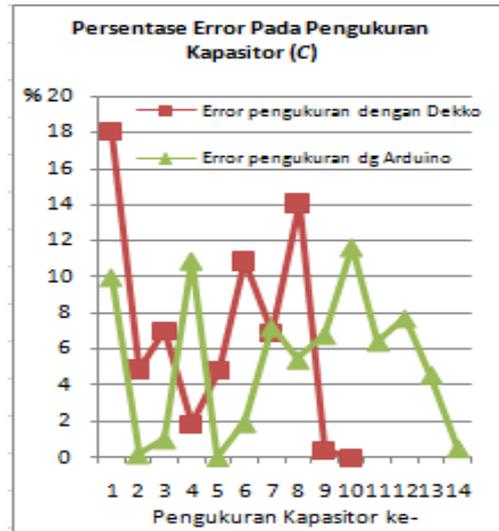
Pengujian Element Induktor

Pengujian inductor menggunakan alat ukur Dekko LCR meter sebagai nilai pembanding dan menggunakan RLC meter berbasis Arduino Mega.

Tabel 6. Tabel Pengujian RLC Meter Berbasis Arduino Mega Pada Komponen Kapasitif

Per Cobaan ke-	Nilai Kapasitor Tertera (μF)	Nilai kapasitor pada Dekko 63LCR (μF)	Nilai kapasitor pada RLC Meter Arduino Mega (μF)
1	0,1	0,118	0,11
2	0,47	0,447	0,4708
3	1	0,93	1,01
4	2,2	2,24	2,44
5	3,3	3,46	3,3
6	4,7	4,19	4,79
7	10	9,31	10,722
8	47	40,4	44,45
9	100	100,4	106,79
10	330	-	368,52
11	470	-	500,16
12	1000	-	1077,22
13	2200	-	2300,89
14	4700	-	4723,61

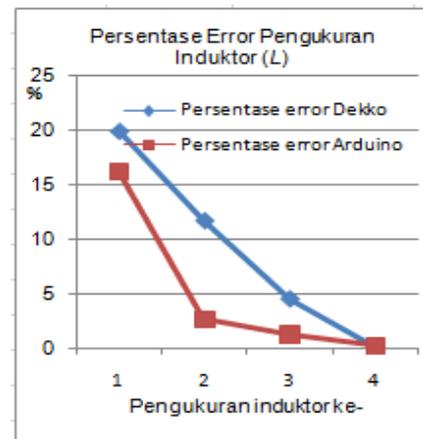
Hasil Persentase error pengukuran kapasitor dengan menggunakan Dekko 63 LCR meter dan RLC meter berbasis Arduino Mega dapat dilihat pada gambar 26.



Gambar 26 Persentase error pengukuran kapasitor dengan menggunakan Dekko 63 LCR meter dan RLC meter berbasis Arduino Mega.

Tabel 7. Tabel Pengujian Kapasitor dengan Dekko 63 RLC meter dan dengan RLC meter Berbasis Arduino Mega

Perco- Baan ke-	Nilai induktor tertera (μH)	Nilai induktor pada Dekko 63LCR (μH)	Nilai induktor pada LCR Meter yang dibuat(μH)
1	100	80	83,73
2	170	150	159,43
3	220	230	254,93
4	470	471	487,48
5	-	250	249,27



Gambar 27. Persentase error pengukuran induktor dengan menggunakan Dekko 63 LCR meter dan RLC meter berbasis Arduino Mega.

KESIMPULAN

Pengukuran RLC meter berbasis Arduino Mega terbukti dapat mengukur nilai R, L, C dengan satu alat ukur.. Perancangan alat ukur RLC meter berbasis Arduino meliputi :

Perancangan pengukuran Resistor digunakan teori hukum Kirchoff tegangan (KVL), perancangan pengukuran kapasitor digunakan teori RC *charging* (pengisian kapasitor). Perancangan pengukuran induktor digunakan teori osilasi LC

Hasil yang dapat adalah prosentase error untuk pengukuran dengan RLC meter berbasis *Arduino Mega* lebih rendah di bandingkan dengan alat ukur *Dekko 63 LCR* meter yang ada di pasaran. Perbandingan persentase error masing-masing pada pengukuran R, C dan L adalah 1,99:3,58, 5,31:7,64 dan 5,15:9,13.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. W.H., Hayt, "Rangkaian Listrik Jilid 1," Jakarta: Erlangga, 2001.
- [2]. A.S. Samosir, "Implementasi Alat Ukur Kapasitansi Digital (Digital Capacitance Meter) Berbasis Mikrokontroler," Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Vol. 10, No. 1. (Diakses pada tanggal 28 Maret 2018)
- [3]. Saptaji, "Cara Menginstall Software IDE Arduino.," Diperoleh 25 November 2018.
- [4]. H.D. Surjono, "Elektronika Lanjut," Jember: Penerbit Ulut Cerdas Kreatif 2009
- [5]. E. Yuliana "Rancang Bangun Alat Ukur Induktansi dan Kapasitansi Meter," Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. 2006
- [6]. Y. Yasin, "Rancang Bangun Alat Ukur Resistansi, Induktansi, dan Kapasitansi Meter Digital", Jurusan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, 2014.
- [7]. Electronoobs., "Resistance Meter". Diperoleh 30 Maret 2018, dari http://www.electrooobs.com/eng_arduino_tut10.php
- [8]. Blog Akademik Muchlas. (2018, 27 September). *Tutorial PSPICE Bagian 2: Rangkaian RC (Time Constant)*. Diperoleh 3 Oktober 2018. dari <http://muchlas.ee.uad.ac.id/v2/tutorial-bspice-bagian-2-rangkaian-rc-time-constant/>
- [9]. Tutor Keren. (2017, 8 Juli). [PENGETAHUAN] Memahami Konsep Pembagi Tegangan (Voltage Divider) dan Penerapannya pada Mikrokontroler. Di peroleh 3 Oktober 2018 dari <https://tutorkeren.com/artikel/pengetahuan-memahami-konsep-pembagi-tegangan-voltage-divider-dan-penerapannya-pada>