RANCANG BANGUN ALAT WAFER CLEANING PADA FABRIKASI IC (INTERGRATED CIRCUIT)

Miftahudin[1], A. Subandi[2]
[12] Jurusan Teknik Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipatiukur no. 112-116 Bandung 40132
miftahudin903@email.unikom.ac.id, ayub.subandi@email.unikom.ac.id

ABSTRAK

Memaparkan hasil dari penelitian dan perancangan sebuah alat pencucian Wafer Silicon pada fabrikasi IC. Wafer Silicon adalah kepingan wafer yang terbuat dari pasir kuarsa yang dipadatkan lalu dipotong-potong hingga menjadi sebuah kepingan-kepingan yang berbentuk piringan. Wafer silicon dibuat sebagai bahan dasar dari sebuah IC. Sebelum diolah menjadi IC, wafer silicon harus bersih dan tidak terkontiminasi dari partikel-partikel yang mengganggu wafer sebagai fungsi utamanya. Untuk itu, penulis mencoba meneliti dan merancang alat pencucian wafer. Alat ini menggunakan Arduino mega 2560 pro mini, sensor suhu ds18b20 sebagai monitoring keadaan suhu bahan kimia yang dipakai untuk mencuci, LCD Touchscreen 2,4" sebagai layar serta mekanika pencucian dengan penggerak dasar dari motor stepper.

Kata kunci Wafer silicon, pencucian wafer silicon, bahan dasar IC, pasir kuarsa, prinsip pada pencucian wafer.

ABSTRACT

Reports explains research of technology the principle wafers cleaning. Wafer silicon are the disc wafer pieces made of quartz sand and then cut into pieces of disc shaped pieces. Silicon wafer made as the base material of an IC. Before processed into IC, silicon wafers must be clean and not contaminated from particles that interfere with wafers as a function of cells. The author tries to create a technology of the principle wafers cleaning. It uses the Arduino mega 2560 pro mini, temperature sensors DS18B20 waterproof as a temperature state, 2,4" Touchscreen LCD as screen monitoring and mechanics of washing with stepper motors.

Keywords: Silicon Wafers, wafers cleaning, base material of IC, silicon sand, principle wafers cleaning.

I. PENDAHULUAN

Zaman semakin modern, teknologi semakin berkembang pesat. Akibatnya, para perindustrian, universitas serta sekolah sekolah mempelajari dan mengelola riset tertentu untuk menciptakan atau mengembangkan suatu teknologi baru khususnya teknologi yang berhubungan dengan alat elektronik. Untuk meningkatkan serta mempelajari teknologi yang berhubungan alat elektronik kita membutuhkan komponen-komponen yang mendukung untuk sebuah riset tertentu, salah satunya yaitu IC (Intergrated Circuit) atau semacamnya.

Untuk dapat membantu proses pencucian wafer pada fabrikasi IC, penulis mencoba membuat Alat Wafer Cleaning Pada Fabrikasi IC (Intergrated Circuit). Alat Wafer Cleaning ini dapat membantu proses pencucian wafer dengan ukuran tertentu, mulai dari memantau suhu bahan kimia yang diperlukan, memanaskan bahan kimia yang diperlukan

II. TEORI PENUNJANG

A. Fabrikasi IC

IC adalah kumpulan komponen elektronika aktif yang saling terintergrasi yang dikemas dalam kemasan kecil. Fabrikasi adalah proses pembuatan atau pembentukan sebuah IC yang memiliki bahan dasar wafer silikon. Wafer adalah bahan dasar terbentuknya IC, wafer silicon terbuat dari pasir kuarsa yang dipadatkan menjadi sebuah benda padat lalu dipotong sehingga membentuk sebuah kepingan atau piringan yang disebut dengan wafer silikon. Ada beberapa tahapan-tahapan pada proses fabrikasi IC yaitu Wafer Celaning, Oksidasi, Difusi, Fotolitografi dan Etsa, Deposisi Polisilikon dan Metalisasi Aluminium [1].

B. Wafer Cleaning

Sebelum proses fabrikasi IC, wafer yang akan digunakan untuk bahan pembuatan IC dicuci terlebih dahulu, pencucian wafer bertujuan untuk menghilangkan menghilangkan senyawa organik, menghilangkan senyawa anorganik dan menghilangkan oksida tipis yang tidak diinginkan. H2SO4 : H2O2 2:1 dari kedua bahan kimia tersebut

dapat menghilangkan bahan anorganik yang menempel pada wafer pada suhu 80 0C dengan cara wafer direndam selama 5-15 menit. NH4OH:H2O2:DIH2O Dengan merendam wafer seama 5-15 menit pada suhu 70 0C dan perbandingan komposisi 1:1:2, dapat membersihkan atau mengilangkan bahan organik yang menempel pada wafer. HCl:H2O2:DIH2O Dengan komposisi 1:1:5 dan pada suhu 70 0C dapat menghilangkan logam berat pada wafer dengan cara di rendam selama 5-15 menit. Pada bagian terakhir yaitu pembilasan wafer dengan gas N2 yang bertujuan untuk menghilangkan DIH2O yang menempel pada wafer[1].

C. Proses Pencucian Wafer

Sebelum proses fabrikasi IC, wafer yang akan digunakan untuk bahan pembuatan IC dicuci terlebih dahulu, pencucian wafer bertujuan untuk menghilangkan menghilangkan senyawa organik, menghilangkan senyawa anorganik dan menghilangkan oksida tipis yang tidak diinginkan. Untuk melakukan proses pencucian wafer harus dengan menggunakan bahan kimia dan air yang bebas ion. Berikut adalah tahapan pencucian wafer secara manual pada teknik RCA standar:

1. Persiapkan beberapa bahan kimia diantaranya yaitu, H2SO4 Konsentrasi 23%, H2O2 konsentrasi 30%, NH4OH konsentrasi 23%, DIH2O, HCl konsentrasi 37% dan beberapa gelas pyrex.
2. Campur beberapa bahan kimia yang diperlukan untuk pencucian wafer dengan perbandingan 2:1 pada , 1:1:2 pada bahan NH4OH:H2O2:DIH2O dan 1:1:5 pada HCl:H2O2:DIH2O.
3. Rendam wafer ke larutan H2SO4 : H2O2 dengan suhu 800C selama 15menit, ini dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan bahan anorganik yang menempel pada wafer.
4. Bilas dengan DIH2O dengan cara merendamnya selama 15 detik.
5. Rendam wafer ke larutan NH4OH:H2O2:DIH2O dengan suhu 700C selama 15menit dengan tujuan membersihkan atau mengilangkan bahan organik yang menempel pada wafer.
6. Bilas dengan DIH2O dengan cara merendamnya selama 15 detik.
7. Rendam wafer ke larutan HCl:H2O2:DIH2O dengan suhu 700C selama 10 menit dengan tujuan menghilangkan logam berat pada wafer.
8. Bilas dengan DIH2O dengan cara merendamnya selama 15 detik.
9. Semprot dengan gas N2 Untuk menghilangkan bahan kimia yang menempel pada wafer

A. *Arduino*

Arduino yang digunakan pada sistem ini merupakan Arduino Mega 2560 Pro Mini yang merupakan board berbasis mikrokontroler pada Atmega2560. Board ini memiliki 54 digital input / output pin, 16 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB dan tombol reset. Arduino membutuhkan sumber tegangan operasional 5V DC yang bisa didapatkan dari colokan USB komputer atau laptop.[3]



Gambar 1. Arduino Mega 2560 mni pro

D. Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 adalah sensor yang dapat mentransalasikan suhu menjadi sebuah tegangan listrik. Sensor suhu mendeteksi suhu dengan menghasilkan tegangan listrik digital 9bit – 12bit. Secara fisik dasar, DS18B20 adalah sebuah sensor yang berbentuk IC atau chip. Namun, pada DS18B20 waterproof dirancang agar Sensor tersebut dapat mengukur suhu air tanpa merusak chip DS18B20.[4]



Gambar 2. Sensor Suhu DS18B20

E. OneWire Bus Communication

Onewire adalah jalur komunikasi satu jalur dan satu ground yang di desain oleh pabrikan *dallas semiconductor*, *onewire master (microcontroller)* menginisialisasi dan mengontrol satu atau lebih *device (onewire slave)*.[4]

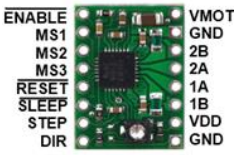
Setiap perangkat slave onewire memiliki 64bit *identifier*, dengan LSB pertama yaitu 8bit pertama mewakili kode untuk tipe dari *device*, 48bit berikutnya adalah individual address. Byte terakhir, MSB, berisi sebuah CRC – *cyclic redundancy check*, dengan sebuah nilai berdasarkan data yang terdapat pada tujuh byte sebelumnya. Dengan demikian, master mengetahui bila sebuah alamat dibaca tanpa kesalahan.[4]

F. Motor Stepper dan A4988

Motor stepper sama halnya motor DC namun perbedaan dari motor DC biasa, motor steper memiliki kelebihan bisa di start setiap step, sehingga bisa digunakan untuk mengatur perputarannya, mulai dari jumah putaran bahkan sudut putarannya. [5]

Motor stepper memiliki kekuatan torsi dan kecepatan RPM yang tinggi, sehingga motor stepper dipilih untuk digunakan pada alat ini, agar proses pencucian lancar. Motor stepper memiliki banyak jenis dan mempunyai spesifikasi yang berbeda.[4]

Driver motor stepper A4988 berfungsi untuk medrive arus, menentukan arah putar serta menentukan jumlah step dari motor stepper melalui konfigurasi arduino. Ada beberapa jenis yang berfungsi sebagai driver motor stepper, namun pada alat ini yang digunakan adalah A4988. [6]



Gambar 3. Driver A4988



Gambar 4. Motor Stepper

G. LCD TFT 2.4"

LCD kepanjangan dari Liquid Crystal Display, yang merupakan sebuah sebuah teknologi layar digital yang dapat menghasilkan sebuah pola bentuk atau gambar pada permukaan rata dengan memeberi pencahayaan pada kristal cair dan filter berwarna, selain itu LCD TFT 2.4" menggunakan teknologi layar sentuh sebagai input operasi perintah.[7]



Gambar 4. LCD TFT 2.4

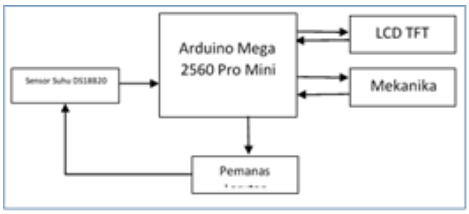
H. Heater

Heater adalah komponen yang dapat merubah energi listrik menjadi energi panas, heater memanfaatkan dua logam yang diberi aliran listrik untuk menghasilkan panas pada logam tersebut sehingga dapat memanaskan suatu benda, terutama benda cair dengan suhu tertentu.

III. PERANCANGAN

A. Block Diagram

Pada alat ini menggunakan 5 komponen utama yaitu water heater, sensor suhu DS18B20, LCD TFT 2.4", beberapa motor stepper untuk mekanika serta arduino mega 2560 pro mini sebagai pemeroses alat. Berikut adalah block diagram dari alat ini.

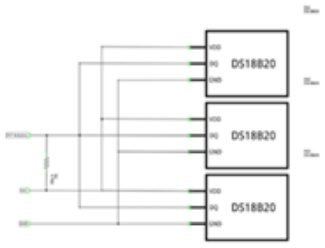


Gambar 5. Block Diagram alat, Senor suhu sebagai sensor yang berfungsi untuk mengatur suhu dengan menyalakan actuator heater, LCD menampilkan suhu yang dibaca dan mekanika bekerja untuk proses pencucian

B. Perancangan DS18B20

Sensor DS18B20 adalah sensor suhu waterproof, yaitu sensor yang dapat membaca suhu pada benda cair. Pada alat ini terpasang 3 sensor yaitu untuk mendeteksi suhu pada alas wadah pada bahan kimia yang akan digunakan untuk mencuci wafer. Sensor dikonfigurasi untuk mengontrol suhu pada bahan kimia pada rentang 65 – 85 0C. konfigurasi tersebut diatur pada arduino sebagai pemroses dari alat ini. Semua sensor DS18B20 dihubungkan dalam satu jalur pada pin digital yang ada pada arduino.

Sensor suhu DS18B20 memiliki 3 pin, setiap pin diberi kabel warna berbeda beda, yaitu hitam pada pin 2 untuk ground, merah pada pin 1 untuk VCC dan kuning pada pin 3 yang berfungsi untuk data output dari sensor tersebut yang bernilai clock digital, pada rangkaian DS18B20 pin VCC dan pin OUT diberi resistor 4.7K sebagai pulldown agar out clock tetap stabil 0 dan 5V atau 0 dan 1, pin output pada sensor dihubungkan ke pin 17 arduino mega pro mini dan diolah melalui program dengan menggunakan library OneWire pada arduino, berikut adalah rangkaian dari DS18B20.



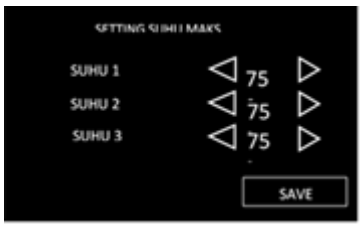
Gambar 6. Rangkaian sensor suhu ds18b20, mengacu pada jalur komunikasi onewire, yaitu 1 jalur komunikasi dan 1 ground

C. Perancangan LCD

LCD TFT berfungsi untuk memonitoring alat yaitu memonitoring suhu setiap bahan kimia yang akan dipakai untuk mencuci, memonitoring kesiapan alat, serta proses pencucian wafer. Selain itu, LCD TFT dapat mengkonfigurasi suhu maksimal pada setiap bahan kimia yang akan digunakan, menggunakan layar sentuhnya dan bisa memulai mencuci dengan menentuh tombol yang disediakan pada layar LCD. Berikut adalah tampilan setiap halaman pada layar LCD.



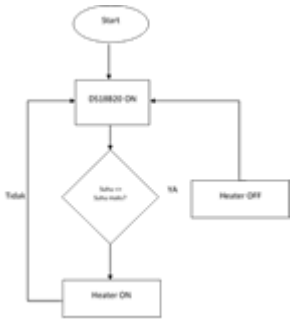
Gambar 7. Tampilan Utama LCD



Gambar 8. Tampilan Setting LCD

D. Perancangan Heater

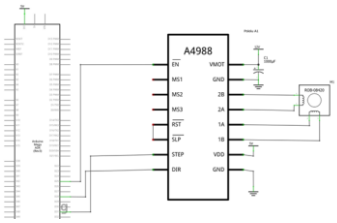
Pada alat ini memiliki 3 heater dengan daya dan jenis yang sama, heater berfungsi untuk memanaskan bahan kimia dan menjaga agar suhu pada bahan kimia tersebut terjaga. Berikut adalah diagram alur dari pengontrol suhu dengan menggunakan heater dan sensor suhu.



Gambar 9. Diagram alir pada konfigurasi heater, heater aktif tergantung pada pembacaan sesor suhu, aktif ketika sensor suhu menyala dan membaca suhu kurang dari suhu maks yang disetting.

E. Perancangan Motor Stepper

Ada beberapa jenis motor stepper, namun pada alat ini kami menggunakan motor stepper dengan kode NEMA17 yang memiliki ukuran, kekuatan torsi serta daya yang cukup. Driver motor yang digunakan pada alat ini adalah A4988, karena driver ini mampu mendrive arus hingga 2A, sesuai dengan spesifikasi dari motor stepper NEMA17. Rangkaian dari Driver A4988 Tersebut seperti berikut.



Gambar 10. Rangkaian motor stepper dan A4988

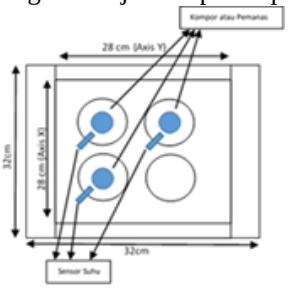
Membutuhkan program serta algoritma untuk membuat driver A4988 mendrive arus pada motor stepper, mengatur step serta mengatur arah putar dari motor stepper. Berikut adalah diagram alir dari driver A4988 agar motor stepper dapat berjalan.



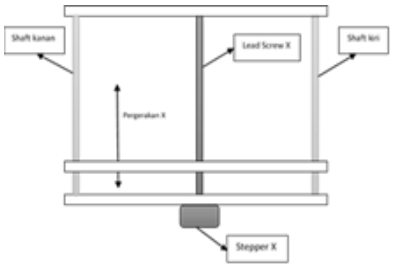
Gambar 11. Diagram alir pada A4988, memberikan pulse 1 dan 0 pada pin dir A4988 dengan selang waktu 600µS menunjukan mikro memberikan 1 step pada stepper.

F. Perancangan mekanika dan desain

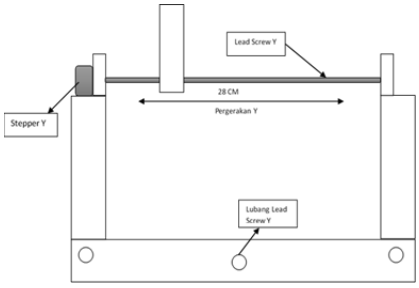
Mekanika adalah penggerak yang dapat bergerak secara otomatis yang bertujuan untuk mencuci wafer, sesuai dengan fungsi dari alat ini. Mekanika digerakkan oleh 3 motor stepper dengan masing masing mewakili axis x,y,z. berikut beberapa desain yang menunjukkan penempatan stepper.



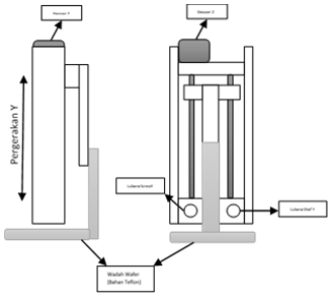
Gambar 11. Desain Alat, berbentuk kotak dan memiliki 3 stepper penggerak kanan, kiri dan bawah serta kompor dan sensor suhu diatasnya.



Gambar 12. Desain axis X, terletak dibawah alat, untuk menggerakkan wadah wafer ke kanan dan kiri (axis X) dengan menggunakan steper yang diberi *Lead Screw.*



Gambar 13. Desain axis Y, pada Axis X menggerakkan axis Y, dan motor stepper axis Y menopang stepper axis Z.



Gambar 14. Desain axis Z, didesain untuk membawa wadah wafer yang bergerak ke atas dan ke bawah dan merendam wafer yang akan di cuci.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian pada alat wafer cleaning pada fabrikasi IC ini dilakukan secara mendasar dari setiap prosesnya, mulai dari pengujian sensor suhu yaitu akurasi pembacaan suhu pada satuan Celcius, motor stepper pada setiap stepnya, LCD TFT pada tampilan serta layar sentuhnya dan heater dalam mengontrol suhu agar suhu tetap stabil pada rentang yang ditentukan.

A. Pengujian Sensor SUHU DS18B20

Diuji dengan mengukur suhu pada kompor dengan menggunakan sensor dan thermometer digital, berikut adalah hasil dari pengujian sensor suhu DS18B20.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Suhu

No.	Sensor (°C)	Thermometer (°C)	presentase Akurasi (%)	Error (°C)	Keadaan heater
1	37	33,8	91,35	-3,2	ON
2	40	35,1	87,75	-4,9	ON
3	49	38,7	79,0	-10,3	ON
4	45	43,4	96,44	-1,6	ON
5	50	48,2	96,4	-1,8	ON
6	55	51	92,73	-4	ON
7	60	55	91,67	-5	ON
8	65	60,8	93,54	-4,2	ON
9	70	67,1	95,86	-2,9	OFF
10	75	73,7	98,27	-1,3	OFF
Rata-rata			92,30	-3,92	

B. Pengujian LCD TFT 2.4”

Pengujian LCD dilakukan untuk menguji layar sentuh pada LCD, berikut adalah hasil dari pengujian LCD.

Tabel 2. Hasil Pengujian LCD TFT 2.4

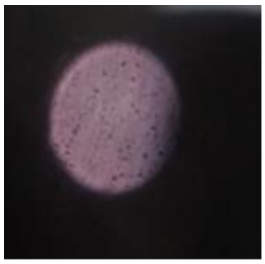
No.	Tombol	Aksi	Efek	Respon (s)	Status
1	START	Sentuh	Memulai mencuci	3	Sukses
2	SETTING	Sentuh	masuk ke halaman setting	2	Sukses
3	DEFAULT	Sentuh	pengaturan suhu maks menjadi 75	2	Sukses
4	SAVE	Sentuh	Data suhu maks tersimpan	1	Sukses
5	<	Sentuh	Angka turun	1	Sukses
6	>	Sentuh	Angka naik	1	Sukses

C. Pengujian Pencucian Wafer

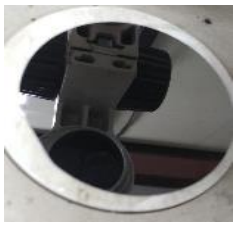
Dengan bahan kimia H_2SO_4 : H_2O_2 (80 ^{0}C), NH_4OH:H_2O_2:DIH_2O (70 ^{0}C), HCl:H_2O_2:DIH_2O (70 ^{0}C) dan Aceton, wafer dicuci mengguanakan alat ini dengan lama proses 45 menit. Dan berikut adalah hasil dari pencucian wafer dengan menggunakan alat ini.



Gambar 15. Wafer sebelum dicuci secara fisik.



Gambar 16. Wafer sebelum dicuci, dilihat dari mikroskop.



Gambar 17. Wafer setelah dicuci, dilihat secara fisik.



Gambar 18. Wafer setelah dicuci, dilihat dari mikroskop.

D. Analisa Pengujian

Analisa pengujian dilakukan untuk menganalisa dari pengujian yang dilakukan, pengujian tersebut adalah pengujian dari ketiga sensor, pengujian pengontrol suhu, serta pengujian touchscreen pada LCD TFT 2.4".

1. Analisa Pengujian Sensor Suhu DS18B20, data dari ketiga sensor tersebut dapat ditarik, kesimpulan bahwa, pembacaan sensor memiliki akurasi ± 4,23 °C,Memiliki keakurasian 93,09%
2. Analisa Pengujian LCD TFT, Layar sentuh pada layar LCD dapat bekerja dengan baik, namun kurang responsive, kemungkinan dikarenakan ada delay pada layar sentuh sekitar 3s.
3. Analisa pencucian wafer, Dilihat secara fisik, wafer terlihat bersih dan bening, namun dilihat menggunakan mikroskop, perbedaan antara sebelum dicuci dan sesudah dicuci tidak beda jauh, terlihat lebih terang dan cerah ketika sesudah dicuci dengan menggunakan alat ini, namun masih terlihat beberapa titik hitam pada wafer yang kemungkinan itu adalah kotoran dari partikel atom dan logam berat yang menempel.

V. KESIMPULAN

Dari pembahasan dan pengujian pada alat wafer cleaning pada fabrikasi IC ini dapat disimpulkan bahwa.

1. Dari hasil pengujian sensor DS18B20 yang digunakan pada alat ini, bekerja dengan baik namun dengan akurasi ±5 °C.
2. Dari hasil pengujian heater untuk mengengontrol suhu agar suhu dapat stabil pada rentang suhu yang ditentukan, kurang stabil. Dikarenakan, ada Offset yaitu melewati batas suhu tertinggi dari nilai yang ditentukan. Offset terjadi karena suhu tetap naik beberapa saat setelah heater mati hingga ±8 °C.
3. Pada LCD TFT Touchscreen 2.4" diuji dengan menguji tampilan serta fungsi setiap tombol yang ada pada LCD, dan bekerja dengan baik.
4. Waktu yang dibutuhkan pada heater dari awal hingga suhu maks 10-15menit, dan waktu yang dibutuhkan nyala dan mati untuk menyetabilkan suhu tertentu adalah sekitar 10-15 menit.
5. Alat ini dapat memonitoring suhu pada alas gelas pyrex yang dipakai.
6. Alat ini dapat mencuci wafer dengan tingkat kebersihan ± 65%.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Subandi, A. (n.d.). FABRIKASI CHIP MASKED-READ ONLY MEMORY 112 BITS DENGANTEKNOLOGI N-CHANNEL METAL OXIDE SEMICONDUCTOR (N-MOSFET)

[2] UCIRVINE. (n.d.). Cleaning Procedurs For Silicon Wafers

[3] Mega2560 Pro Mini. (n.d.). Diakses pada tanggal 19 Desember 2017 dari website : http://wiki.epalsite.com/index.php?title=Mega2560_Pro_Mini

[4] Semiconductor, D. (n.d.). Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. DS18B20.

[5] Linear, P. (n.d.). NEMA 17. Stepper Motor .

[6] Pololu. (n.d.). DMOS Microstepping Driver with Translator. A4988.

[7] Teori Motor Stepper : Jenis Dan Prinsip Motor Stepper. (n.d.). Diakses pada tanggal 10 Januari 2018 dari website Zona Elektro: http://zonaelektro.net/motor-stepper/.

[8] Wicaksono, M.Fajar, and Hidayat. Mudah Belajar Mikrokontroler Arduino. Bandung: Informatika, 2017.