



**RANCANG BANGUN PENAKAR PUPUK NITROGEN SECARA  
OTOMATIS BERDASARKAN WARNA DAUN UNTUK TANAMAN KOPI  
ROBUSTA**

**SKRIPSI**

Oleh

**Ali Syech Chasni  
NIM 151710201037**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**



**RANCANG BANGUN PENAKAR PUPUK NITROGEN SECARA  
OTOMATIS BERDASARKAN WARNA DAUN UNTUK TANAMAN KOPI  
ROBUSTA**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Ali Syech Chasni  
NIM 151710201037**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terimakasih saya yang tidak terkira kepada:

1. Kedua orang tua saya tercinta, Ibunda Fatimah dan Ayahanda Muarif Sech Chasni yang selalu memberikan dukungan berupa doa dan materi.
2. Almamater Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
3. Guru-guru saya yang telah mendidik dan mengajarkan ilmunya dengan sabar kepada saya sejak sekolah dasar hingga perguruan tinggi.
4. Tim Proyek CV Agrimart yang selalu memberikan motivasi dan arahan sampai bisa menyelesaikan skripsi ini.

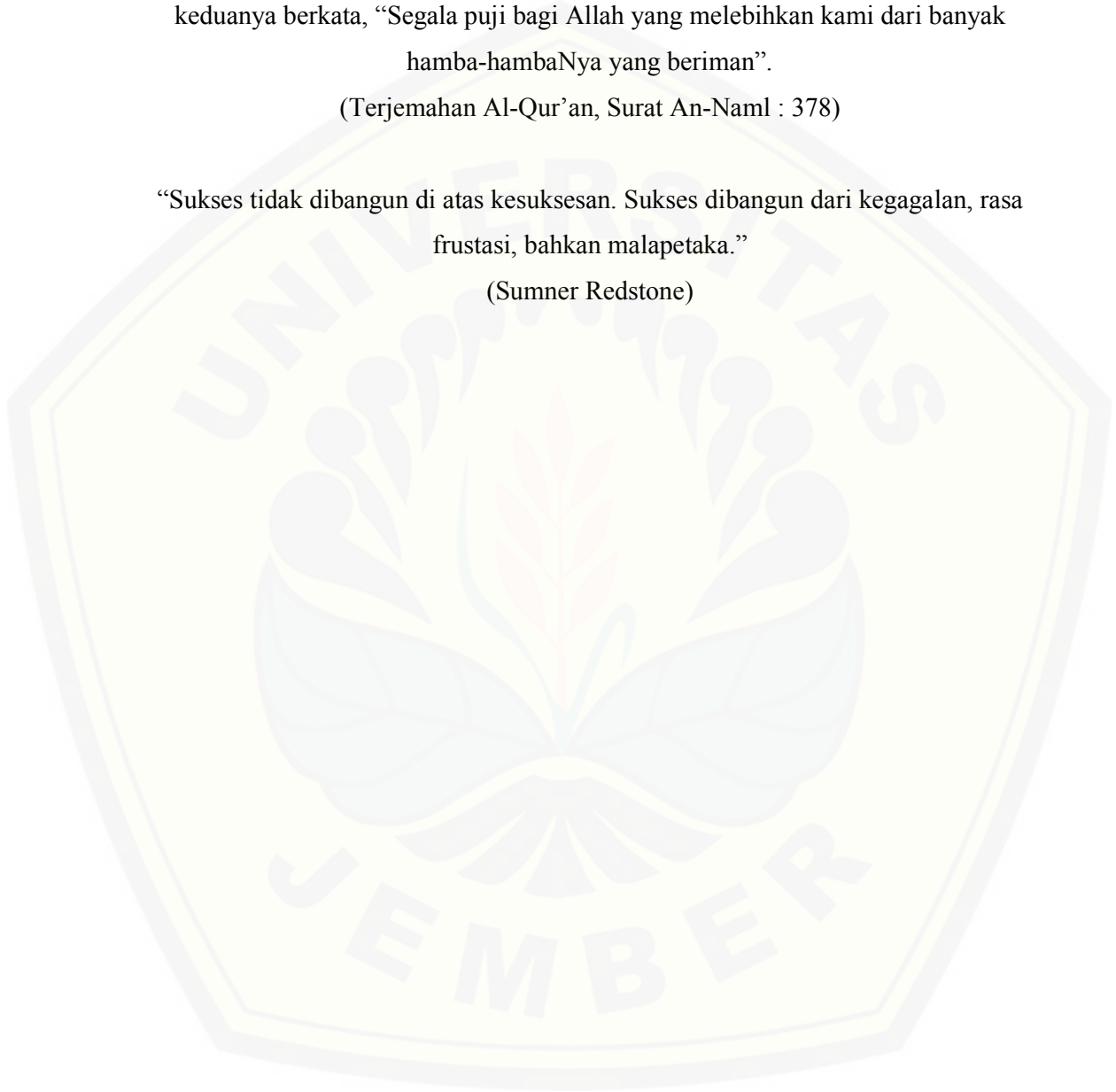
**MOTTO**

Dan Sungguh, Kami telah memberikan ilmu kepada Dawud dan Sulaiman; dan keduanya berkata, “Segala puji bagi Allah yang melebihkan kami dari banyak hamba-hambanya yang beriman”.

(Terjemahan Al-Qur’an, Surat An-Naml : 378)

“Sukses tidak dibangun di atas kesuksesan. Sukses dibangun dari kegagalan, rasa frustrasi, bahkan malapetaka.”

(Sumner Redstone)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ali Syech Chasni

NIM : 151710201037

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Rancang Bangun Penakar Pupuk Nitrogen Secara Otomatis Berdasarkan Warna Daun untuk Tanaman Kopi Robusta“ benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya cantumkan sumbernya belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari tidak benar.

Jember, 27 Juni 2019  
Yang menyatakan,

Ali Syech Chasni  
NIM 151710201037

**SKRIPSI**

**RANCANG BANGUN PENAKAR PUPUK NITROGEN SECARA  
OTOMATIS BERDASARKAN WARNA DAUN UNTUK TANAMAN KOPI  
ROBUSTA**

Oleh

**Ali Syech Chasni  
NIM 151710201037**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Bayu Taruna Widjaja Putra, S.TP., M.Eng., Ph.D.  
Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Rancang Bangun Penakar Pupuk Nitrogen Secara Otomatis Berdasarkan Warna Daun untuk Tanaman Kopi Robusta“ telah diuji dan disahkan pada:

Hari :  
Tanggal :  
Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Bayu Taruna Widjaja Putra, S.TP., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 19841008 200812 1 002

Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, S.TP., M.Si.  
NIP. 19740707 199903 1 001

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.  
NIP. 196312121990031002

Rufiani Nadzirah, S.TP., M.Sc.  
NIP. 760018059

Mengesahkan,  
Dekan  
Fakultas Teknologi Pertanian

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng  
NIP. 19680923 199403 1 009

## RINGKASAN

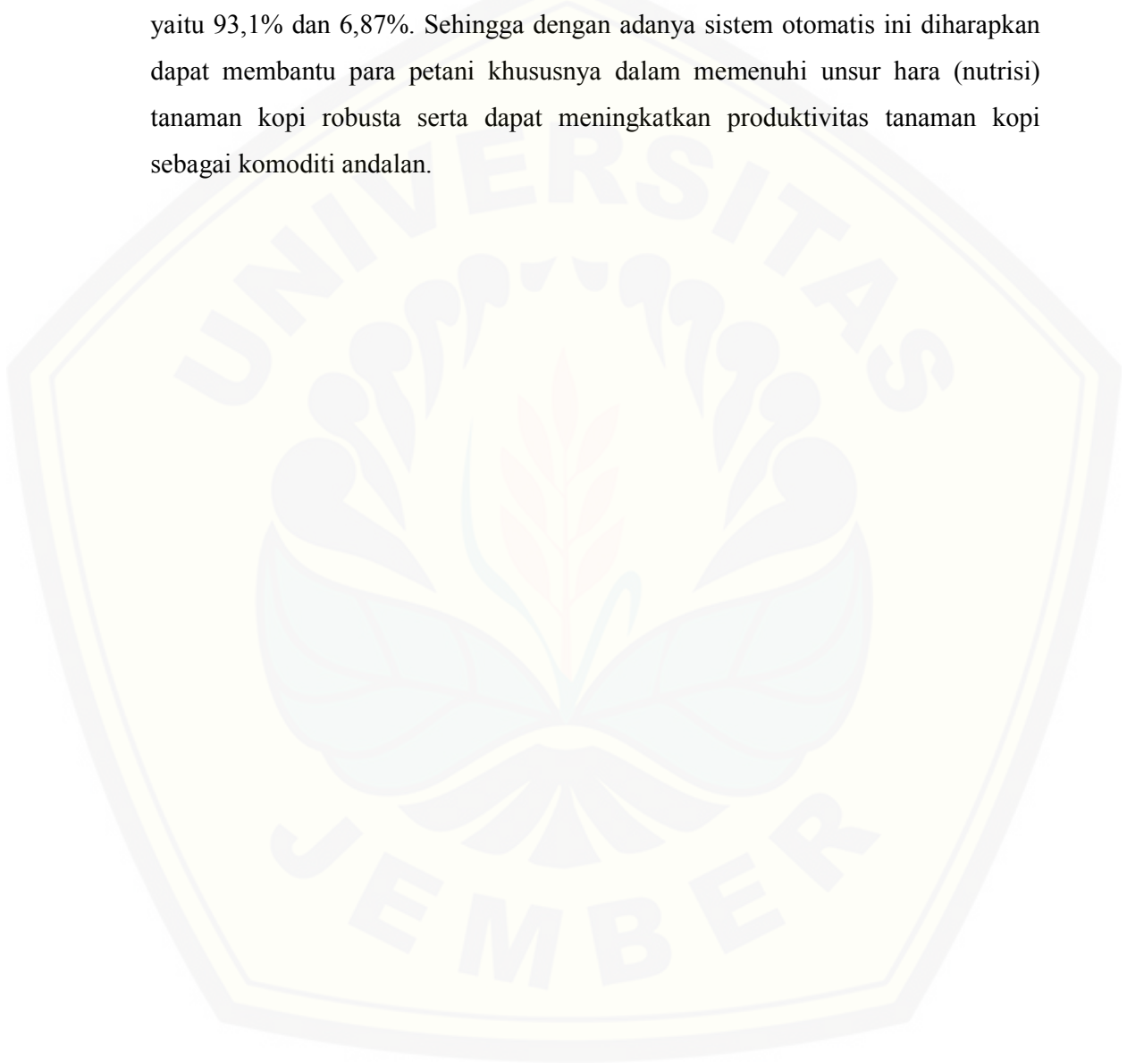
**Rancang Bangun Penakar Pupuk Nitrogen Secara Otomatis Berdasarkan Warna Daun untuk Tanaman Kopi Robusta;** Ali Syech Chasni; 151710201037; 2019; 39 Halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Sistem penakar pupuk ini merupakan salah satu alternatif baru untuk mengukur perkiraan klorofil daun sekaligus memberikan takaran pupuk Nitrogen (Urea) pada tanaman kopi robusta dengan harga yang terjangkau. Ruang lingkup penelitian ini berfokus pada pengembangan rancang bangun *vending machine* dan uji kinerja sistem ketika dioperasikan. Adapun sensor terpenting yang digunakan pada sistem ini yaitu sensor warna RGB ISL29125, *servo motor*, dan *load cell sensor* dengan sistem kontrol menggunakan arduino uno. Tujuan dari adanya penelitian ini yaitu menghasilkan rancang bangun sistem penakar pupuk dengan mengetahui indeks vegetasi yang paling efektif dan mengetahui akurasi takaran pemupukan secara otomatis.

Penelitian ini dilakukan di perkebunan kopi milik rakyat Sidomulyo Kabupaten Jember dan di Laboratorium N-Computing Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Penelitian ini dilakukan dengan metode pengukuran, yaitu dengan menggunakan uji kalibrasi dan validasi Agriino yang sudah terkalibrasi dengan SPAD-502 klorofil meter. Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan menghitung nilai RGB (*Red, Green, Blue*) dari sistem kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan indeks vegetasi dan dibandingkan dengan indeks dari pengukuran alat Agriino. Analisis uji statistik menggunakan analisis korelasi dan determinasi yang berguna untuk mengetahui tingkat keeratan atau kesesuaian hubungan antara sistem penakar pupuk dengan Agriino. Hasil analisis uji statistik akan menunjukkan keakuratan sistem dalam memperkirakan klorofil pada tanaman kopi robusta dan penakaran pupuk yang dibutuhkan selama masa pertumbuhannya per tahun.



Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem penakar pupuk ini bekerja dan berfungsi dengan baik dalam mengestimasi kandungan klorofil pada tanaman kopi robusta menggunakan indeks vegetasi GMR (*Green Minus Red*) dengan determinasi yaitu 0,912. Adapun nilai akurasi dan kesalahan eror dari sistem ini yaitu 93,1% dan 6,87%. Sehingga dengan adanya sistem otomatis ini diharapkan dapat membantu para petani khususnya dalam memenuhi unsur hara (nutrisi) tanaman kopi robusta serta dapat meningkatkan produktivitas tanaman kopi sebagai komoditi andalan.



## SUMMARY

**Design Build of Nitrogen Fertilizer Automatically Based on Leaf Color For Robusta Coffee Plant;** Ali Syech Chasni; 151710201037; 2019; 39 Pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

This fertilizer root system is one of the new alternatives to measure the estimate of chlorophyll leaves while providing a dose of Nitrogen fertilizer (Urea) in robusta coffee plants at an affordable price. The scope of this research focuses on developing the design of a vending machine and test performance system when operated. The most important sensors used in this system are RGB color sensors ISL29125, servo motor, and load cell sensors with a control system using Arduino Uno. The purpose of this research is to produce the design of the fertilizer root system by knowing the most effective vegetation index and knowing the accuracy of the fertilization automatically.

This research is done in coffee plantations owned by people Sidomulyo Jember District and in the N-Computing Laboratory of Agricultural Engineering Faculty of Agricultural Technology, University of Jember. This study was conducted by measuring method, that is, using the calibration test and validation of Agriino which has been calibrated with SPAD-502 chlorophyll meter. Analysis of data on this research is done by calculating the value of RGB (Red, Green, Blue) of the system then carried out calculations using the vegetation index and compared to the index of the measurement of the Agriino tool. Analysis of statistical tests using correlation analysis and determination to determine the degree of relevance or suitability of the relationship between the fertiliser system with Agriino. The results of statistical test analysis will demonstrate the accuracy of the system in estimating chlorophyll in robusta coffee plants and fertilizer dosing needed during the year's growth period.

The results showed that the system is working and functioning properly in estimating chlorophyll content in robusta coffee plants using the vegetation index

GMR (Green Minus Red) with determination of 0,912. The accuracy and error values of this system are 93,1% and 6,87%. So that with this automated system is expected to help the farmers, especially in fulfilling the nutrients (nutrition) robusta coffee plants and can increase the productivity of coffee crops as a mainstay commodity.



## PRAKATA

Puji syukur kepada Allah Subhanahu Wata'ala, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Penakar Pupuk Nitrogen Secara Otomatis Berdasarkan Warna Daun untuk Tanaman Kopi Robusta”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua saya, Ibunda Fatimah dan Muarif Sech Chasni yang selalu memberikan dukungan berupa doa dan materi yang tak ternilai;
2. Bayu Taruna Widjaja Putra, S.TP., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing saya mulai dari awal hingga akhir;
3. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si. selaku dosen pembimbing anggota dan selaku komisi bimbingan yang telah membimbing saya mulai dari awal hingga akhir serta mengevaluasi penulisan skripsi saya;
4. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng. dan Rufiani Nadzirah, S.TP., M.Sc. selaku penguji yang bersedia meluangkan waktu untuk menguji serta mengevaluasi penulisan skripsi saya;
5. Ir. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng., M.Phil. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing saya mulai dari awal hingga akhir;
6. Keluarga Besar UKM-KI KOSINUS TETA yang telah saya anggap keluarga kedua selama saya kuliah di Universitas Jember dan telah memberikan pengalaman yang tak terlupakan sehingga membuat diri saya menjadi pribadi yang lebih baik;
7. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
8. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, atas bantuan dalam mengurus administrasi dan yang lainnya;

9. Semua teman-teman yang telah menjadi kawan dalam suka maupun duka;

Semoga Allah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada mereka semua. Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan dalam penyempurnaan skripsi ini sehingga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, 27 Juni 2019

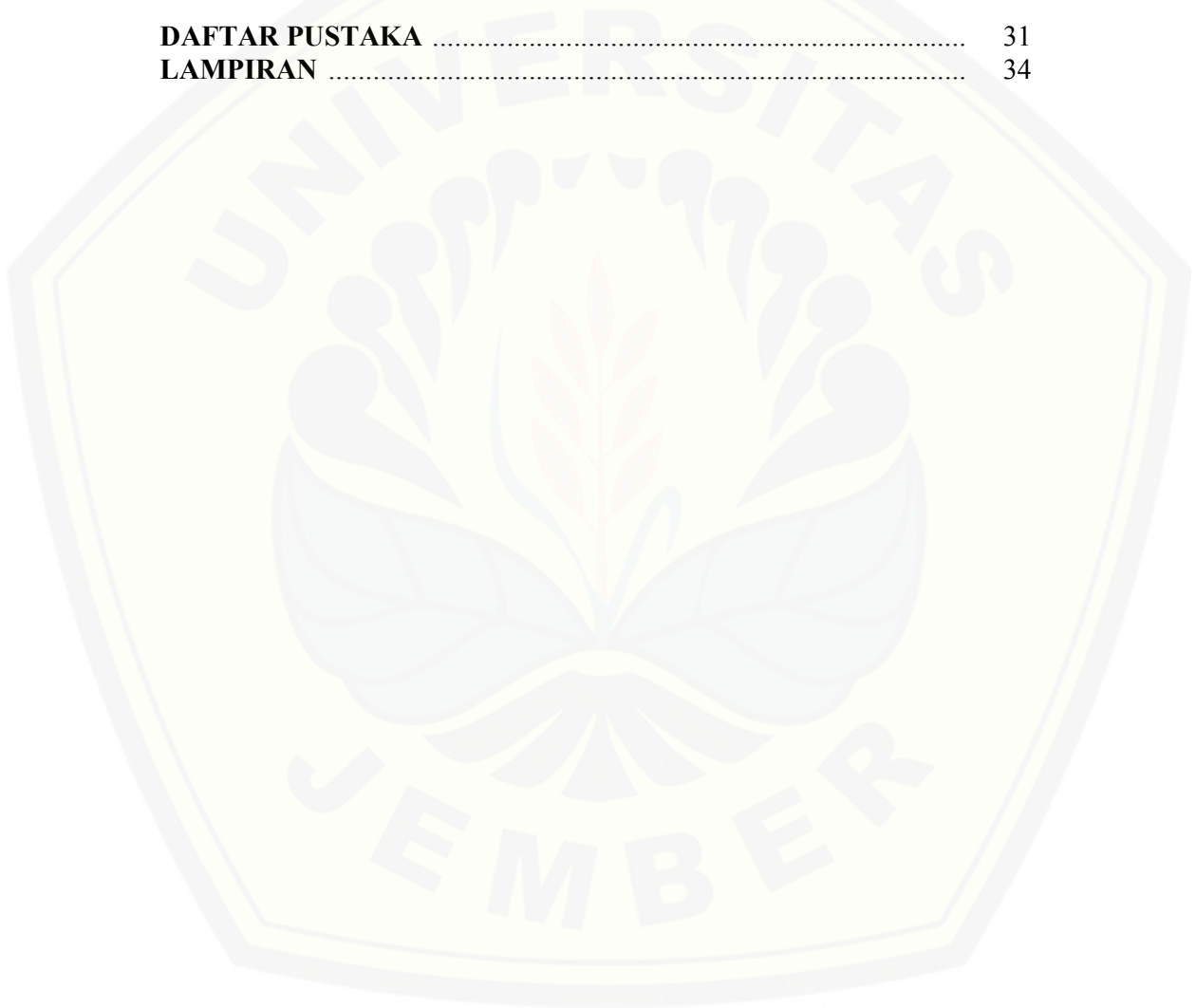
Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN BIMBINGAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN/SUMMARY</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Kopi</b> .....	4
<b>2.2 Takaran Pemupukan Kopi</b> .....	5
<b>2.3 Pupuk Nitrogen</b> .....	6
<b>2.4 Vending Machine</b> .....	7
<b>2.5 Mikrokontroler</b> .....	9
<b>2.6 Arduino</b> .....	10
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	13
<b>3.1 Waktu dan Tempat</b> .....	13
<b>3.2 Alat dan Bahan</b> .....	13
<b>3.3 Tahapan Penelitian</b> .....	13
3.3.1 Studi Literatur .....	15
3.3.2 Rancangan Operasional .....	15
3.3.3 Rancangan Fungsional .....	15
3.3.4 Pembuatan dan Pengujian .....	16
3.3.5 Rancangan Struktural .....	17
3.3.6 Rancangan Percobaan/Kalibrasi .....	18
3.3.7 Pengambilan Data .....	18
3.3.8 Analisis .....	18
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	19
<b>4.1 Hasil Rancang Bangun Sistem</b> .....	19
4.1.1 Perancangan Program .....	19
4.1.2 Rancang Bangun Sistem .....	22
<b>4.2 Hasil Pengujian Sistem</b> .....	23

4.2.1	Pengujian Kalibrasi Sistem .....	23
4.2.2	Pengujian Validasi Sistem .....	25
<b>4.3</b>	<b>Kebutuhan Pupuk Sistem</b> .....	<b>26</b>
4.3.1	Hubungan Status Nitrogen, Indeks GMR, dan Kebutuhan Pupuk .....	26
4.3.2	Tingkat Akurasi Sensor Berat .....	29
<b>BAB 5.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>30</b>
5.1	<b>Kesimpulan</b> .....	30
5.2	<b>Saran</b> .....	30
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	31
<b>LAMPIRAN</b>	.....	34



## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Pedoman dosis umum pemupukan kopi .....	6
4.1 Konfigurasi kaki LCD I2C .....	19
4.2 Konfigurasi RGB ISL29125 .....	19
4.3 Konfigurasi kaki servo motor .....	20
4.4 Konfigurasi kaki <i>push button</i> .....	20
4.5 Konfigurasi kaki <i>load cell</i> .....	21
4.6 Konfigurasi HX711 .....	21
4.7 Konfigurasi LED .....	21
4.8 Konfigurasi Buzzer .....	21
4.9 Hasil koefisien ( $R^2$ ) indeks vegetasi Agriino dengan sistem penakar pupuk .....	24
4.10 Data uji korelasi sistem penakar pupuk .....	28



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Ilustrasi cabang orthotrop dan plagiotrop .....	4
2.2 Ilustrasi perbedaan jenis <i>vending machine</i> .....	8
2.3 Mikrokontroler SMD ( <i>Surface Mount Device</i> ) .....	9
2.4 Mikrokontroler DIP ( <i>Dual In Line Package</i> ) .....	10
2.5 Arduino Uno SMD <i>clone</i> .....	11
3.1 Diagram alir penelitian .....	14
3.2 Ilustrasi rancangan fungsional .....	15
3.3 Ilustrasi rancangan struktural .....	17
3.4 Pemilihan sampel daun tanaman kopi robusta .....	18
4.1 Rancang bangun sistem penakar pupuk .....	22
4.2 Hubungan Agriino dengan intensitas RGB ISL29125 .....	23
4.3 Grafik hubungan Agriino dengan indeks GMR .....	25
4.4 Grafik hubungan nilai klorofil indeks GMR dengan Indeks hasil kalibrasi .....	26
4.5 Grafik korelasi sistem penakar pupuk .....	27
4.6 Grafik hubungan antara pupuk <i>decision</i> dengan pupuk <i>actual</i> .....	29

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Data primer kopi robusta .....	33
2. Data kalibrasi dan validasi indeks GMR .....	34
3. Sebaran indeks vegetasi .....	35
4. Data akurasi sistem penakar pupuk .....	37
5. Dokumentasi rancang bangun <i>box</i> sistem penakar pupuk .....	38
6. Dokumentasi pengambilan data menggunakan Agriino dan sistem penakar pupuk.....	39

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu komoditi andalan perkebunan yang mempunyai peran sebagai penghasil devisa negara, sumber pendapatan bagi petani (Rahardjo, 2012). Menurut Direktorat Jendral Perkebunan pada tahun 2016 produksi kopi nasional mencapai 639.305 ton dan pada tahun 2017 produksi kopi diprediksi akan turun mencapai 637.539 ton yang berarti mengalami penurunan 0,28% dari tahun lalu. Salah satu cara yang dilakukan dalam budidaya tanaman kopi untuk meningkatkan hasil produktivitasnya yaitu pemupukan. Tanaman kopi memerlukan pupuk sebagai salah satu sumber hara. Namun, sebagian petani sering meninggalkan perlakuan ini khususnya setelah tanaman kopi mulai panen (Panggabean, 2010).

Pemberian pupuk sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan kopi. Pupuk adalah salah satu sumber nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman diserap melalui akar, batang dan daun. Hasil kopi yang optimum hanya bisa dicapai apabila nutrisi (unsur hara) yang diberikan jumlahnya sesuai dengan kebutuhan tanaman dan dilakukan pemberian pupuk secara tepat waktu sehingga dapat memenuhi kebutuhan tanaman kopi selama masa pertumbuhannya (Putra dan Soni, 2018).

Status nitrogen pada tanaman merupakan indikator kunci untuk mengevaluasi pertumbuhan tanaman, peningkatan hasil panen, dan perbaikan kualitas bulir atau biji-bijian, tingkat stress, dan nutrisi dari tanaman tersebut. Selain itu, efisiensi pemupukan juga merupakan salah satu bagian terpenting dalam pertumbuhan tanaman, sebab pemupukan N akan berpengaruh terhadap susunan kimia tanaman. Adapun gejala dari kekurangan pupuk N salah satunya yaitu kandungan klorofil yang menurun, hilangnya produksi biomassa, dan pengurangan kualitas dan hasil tanaman kopi. Di sisi lain, penggunaan pupuk N yang berlebihan juga akan mengurangi efisiensi, kadar air, kualitas atmosfer serta membahayakan tanaman dan lingkungan (Kaushal *et al.*, 2011). Sehingga

mengetahui status N tanaman menjadi penting untuk menyeimbangkan penggunaan N dan pencapaian hasil pemupukan yang optimum.

Salah satu alternatif untuk meningkatkan efisiensi pupuk N yaitu pemberian pupuk atas dasar kandungan N dalam daun yang dapat ditunjukkan oleh penampakan warna daun (klorofil daun). Selama ini, penentuan unsur hara klorofil daun dilakukan dengan menggunakan beberapa alat yaitu *chlorophyll meter* atau *Soil Plant Analysis Development (SPAD)*. Namun, harga alat SPAD cukup mahal bahkan sangat sulit bagi petani untuk memilikinya. Pengembangan selanjutnya yaitu bagan warna daun (BWD) atau *leaf color chart (LCC)*. Namun, kelemahan dari BWD atau LCC yaitu penentuan tingkat warna daun tergantung dari indera penglihatan manusia yang dapat menimbulkan perbedaan hasil interpretasi warna. Sehingga metode terakhir ini kemudian dimodifikasi dengan suatu alat penjepit daun berupa *Agriino handheld nutrient sensing system*, namun masih memiliki kelemahan yaitu hasil pengukuran klorofil daun masih berupa saran pemupukan.

Rancang bangun penakar pupuk ini dirasa sangat cocok untuk memecahkan masalah ini, sebab melalui sistem ini petani dapat menemukan komposisi pemupukan yang sesuai agar mendapatkan hasil panen yang optimum khususnya pada tanaman kopi. Prinsip kerja sistem penakar pupuk ini mirip dengan *vending machine* yang mana sistem akan bekerja dengan menggunakan daun sebagai inputnya dan jumlah rata-rata status N akan dikalibrasi berdasarkan pada warna daun (klorofil) tanaman tersebut. Selanjutnya output yang keluar berupa takaran pupuk N yang dibutuhkan sesuai kandungan klorofil yang dibutuhkan oleh tanaman kopi. Sehingga dengan adanya sistem otomatis ini diharapkan dapat membantu para petani khususnya dalam memenuhi unsur hara (nutrisi) yang diperlukan oleh tanaman khususnya tanaman kopi robusta dan juga tanaman pertanian pada umumnya serta dapat tercapainya produktivitas kopi khususnya di Indonesia.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka diambil permasalahan yaitu:

1. Bagaimana hasil perancangan sistem penakar pupuk yang sesuai pada tanaman kopi?
2. Bagaimana keeratan hubungan indeks vegetasi yang paling efektif pada rancang bangun sistem penakar pupuk?
3. Bagaimana kebutuhan pupuk dan hubungan akurasi yang sesuai pada uji percobaan yang dilakukan?

## 1.3 Batasan Masalah

Penelitian sistem penakar pupuk ini berfokus pada pengembangan rancang bangun *vending machine* dengan proses masukan berupa daun tanaman kopi robusta dan proses keluaran berupa takaran pupuk urea yang sesuai.

## 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menghasilkan rancang bangun sistem penakar pupuk yang dapat menentukan kebutuhan dan penakaran pupuk nitrogen yang sesuai khususnya untuk tanaman kopi robusta.
2. Mengetahui keeratan hubungan indeks vegetasi yang paling efektif pada rancang bangun sistem penakar pupuk.
3. Mengetahui kebutuhan pupuk dan hubungan akurasi yang sesuai pada uji percobaan yang dilakukan?

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan alternatif sistem yang bisa dijangkau oleh petani dari sisi ekonomi.
2. Memberikan takaran hara (nutrisi) yang sesuai dengan kebutuhan nitrogen untuk melakukan pemupukan khususnya pada kopi robusta.

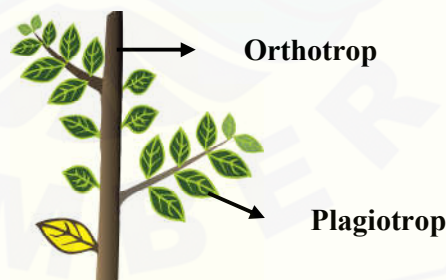
## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kopi

Kopi termasuk genus *coffea* dari family Rubiaceae. Genus *Coffea* terdiri atas 4 seksi yang memiliki 66 spesies (Yahmadi, 1986). Adapun sistematikanya menurut Tjitrosoepomo (1991) sebagai berikut:

Devisio/Devisi	: Spermatophyta
Class/Klas	: Dicotyledoneae
Ordo/Bangsa	: Rubiales
Family/Suku	: Rubiaceae
Genus/Marga	: <i>Coffea</i>
Spesies/Jenis	: <i>Coffea Canephora</i>

Tanaman kopi mempunyai pohon yang tegak dan setiap ruas tumbuh kuncup daun. Pada ruas batang tumbuh cabang orthotrop (tegak) dan cabang plagiotrop (mendatar). Bentuk daun kopi bulat telur, ujung agak runcing sampai bulat, tumbuh pada batang atau cabang. Daun tersusun berdampingan pada cabang plagiotrop dan selang seling pada batang dan cabang orthotrop. Besar kecil dan tebal tipisnya daun sangat dipengaruhi oleh jenisnya (Syamsulbahri, 1996). Berikut ilustrasi cabang orthotrop dan plagiotrop dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Ilustrasi cabang orthotrop dan plagiotrop

Kopi mempunyai daun bulat telur, ujungnya agak meruncing sampai bulat. Daun tersebut tumbuh pada batang, cabang dan ranting ranting yang tersusun berdampingan. Pada batang atau cabang cabang yang tumbuhnya tegak lurus, susunan pasangan daun itu berselang seling pada ruas ruas berikutnya. Sedang

daun yang tumbuh pada ranting ranting dan cabang yang mendatar, pasangan daun itu terletak pada bidang yang sama, tidak berselang seling (AAK, 1988).

Tanaman kopi umumnya telah mencapai umur  $\pm$  3 tahun ditandai dengan munculnya bunga dan buah yang masih muda. Mula-mula bunga ini keluar dari ketiak daun yang terletak pada batang utama atau cabang reproduksi. Tanaman kopi yang sudah cukup dewasa dan dipelihara dengan baik dapat menghasilkan ribuan bunga dalam suatu saat. Bunga tersebut tersusun dalam kelompok masing masing terdiri dari 4 – 6 kuntum bunga. Pada setiap ketiak daun dapat menghasilkan 2 – 3 kelompok bunga atau setiap buku menghasilkan 16 – 36 kuntum bunga (AAK, 1988).

## 2.2 Takaran Pemupukan Kopi

Menurut Nath (2013), pemupukan merupakan cara yang sangat penting untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan mutu tanah. Penggunaan pupuk organik dan pupuk anorganik merupakan cara yang tepat tidak hanya untuk menghasilkan produktivitas tanaman, melainkan dapat mempertahankan stabilitas produksi tanaman pada sistem usaha tani yang intensif. Pemupukan perlu dilakukan karena kandungan unsur hara dalam tanah bervariasi dan berubah-ubah disebabkan terjadinya kehilangan unsur hara melalui pencucian.

Pupuk yang diaplikasikan pada tanaman kopi robusta yaitu pupuk organik dan pupuk anorganik. Pemberian pupuk organik dapat memperbaiki struktur tanah, menaikkan bahan serap tanah terhadap air, menaikkan kondisi kehidupan mikroba tanah dan sebagai sumber makanan bagi tanaman. Adapun pemberian pupuk anorganik dapat merangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan dan bantuan penting dalam pembentukan hijau daun (Dewanto *et al.*, 2013).

Manfaat pemupukan itu sendiri yaitu memperbaiki kondisi dan daya tahan tanaman terhadap perubahan lingkungan yang ekstrim (kekeringan) dan pembuahan terlalu lebat, meningkatkan produksi dan mutu hasil, mempertahankan stabilitas produksi yang tinggi (Permentan, 2014).

Menurut Permentan tahun 2014 No. 49, kebutuhan pupuk dapat berbeda-beda antar lokasi, stadia pertumbuhan tanaman atau umur dan varietas. Pelaksanaan pemupukan juga harus tepat waktu, tepat jenis, tepat dosis, dan tepat cara pemberian. Hasil kopi yang optimum hanya bisa dicapai apabila nutrisi (unsur hara) yang diberikan jumlahnya sesuai dengan kebutuhan tanaman. Berikut dosis umum pupuk anorganik disajikan pada pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Pedoman dosis umum pemupukan kopi

Umur Tanaman (Tahun)	Awal musim hujan (gr/ph)				Akhir musim hujan (gr/ph)			
	Urea	SP36	KCl	Kieserit	Urea	SP36	KCl	Kieserit
1	<b>20</b>	25	15	10	<b>20</b>	25	15	10
2	<b>50</b>	40	40	15	<b>50</b>	40	40	15
3	<b>75</b>	50	50	25	<b>75</b>	50	50	25
4	<b>100</b>	50	70	35	<b>100</b>	50	70	35
5-10	<b>150</b>	80	100	50	<b>150</b>	80	100	50
>10	<b>200</b>	100	125	70	<b>200</b>	100	125	70

Sumber : *Puslitkoka dalam Permentan 2014 No. 49*

Berdasarkan Tabel 2.1 di atas, menjelaskan bahwa perlakuan pupuk diberikan selama setahun dua kali, yaitu pada awal dan akhir musim hujan, sedangkan pada daerah basah (curah hujan tinggi) pemupukan sebaiknya dilakukan lebih dari dua kali untuk memperkecil resiko hilangnya pupuk karena pelindian (tercuci air) (Permentan, 2014).

### 2.3 Pupuk Nitrogen (N)

Nitrogen merupakan salah satu unsur elemen penting yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman kopi. Nitrogen yang cukup pada tanaman kopi mengindikasikan bahwa pertumbuhan tanaman kopi akan semakin cepat karena nitrogen sendiri erat kaitannya dengan sintesis klorofil sehingga proses fotosintesis semakin tinggi. Selain itu, menurut Potojo (1997), peranan unsur hara nitrogen pada tanaman yaitu membuat bagian tanaman menjadi hijau karena mengandung klorofil yang berperan bagi fotosintesis. Untuk penyerapan kembali unsur hara utama pada daun yang akan luruh merupakan salah satu kunci dalam proses penghematan tumbuhan pada tanaman kopi. Proses ini mereduksi unsur hara yang hilang melalui runtuhnya seresah ke permukaan tanah. Unsur hara



tersebut akan diangkut kembali ke jaringan baru seperti daun dan struktur reproduksi atau disimpan untuk digunakan kemudian. Menurut Suharno (2007), keberadaan status nitrogen juga mengindikasikan apabila ketersediaan nitrogen rendah, maka efisiensi penyerapan kembali nitrogen tinggi dengan penyerapan kembali unsur hara utama pada daun yang akan luruh merupakan salah satu kunci dalam proses penghematan tumbuhan dan juga banyaknya nitrogen yang dibutuhkan untuk membentuk jaringan baru dengan mempercepat penuaan pada daun yang tua sehingga nitrogen merupakan salah satu unsur penting yang membatasi pertumbuhan tanaman pada berbagai ekosistem.

Menurut Sartini (2015), unsur nitrogen (N) merupakan salah satu unsur hara utama dalam tanah yang sangat berperan dalam merangsang pertumbuhan dan memberi warna hijau pada daun. Bentuk senyawa N umumnya berupa nitrat, amonium, amin, sianida. Contoh: Kalium nitrat ( $\text{KNO}_3$ ), amonium fosfat [ $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ ], urea ( $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ ) dan kalsium sianida ( $\text{CaCN}_2$ ). Bentuk pupuk Nitrogen ini berupa kristal, prill, pellet, tablet maupun cair. Adapun menurut gejala yang ditimbulkan akibat dari unsur N yaitu:

- 1) Efek kekurangan unsur N bagi tanaman: pertumbuhan kerdil, warna daun menguning, produksi menurun, fase pertumbuhan terhenti, dan kematian.
- 2) Efek dari kelebihan unsur N bagi tanaman: kualitas buah menurun, menyebabkan rasa pahit (seperti pada buah timun), produksi menurun, daun lebat dan pertumbuhan vegetatif yang cepat, menyebabkan keracunan pada tanaman.

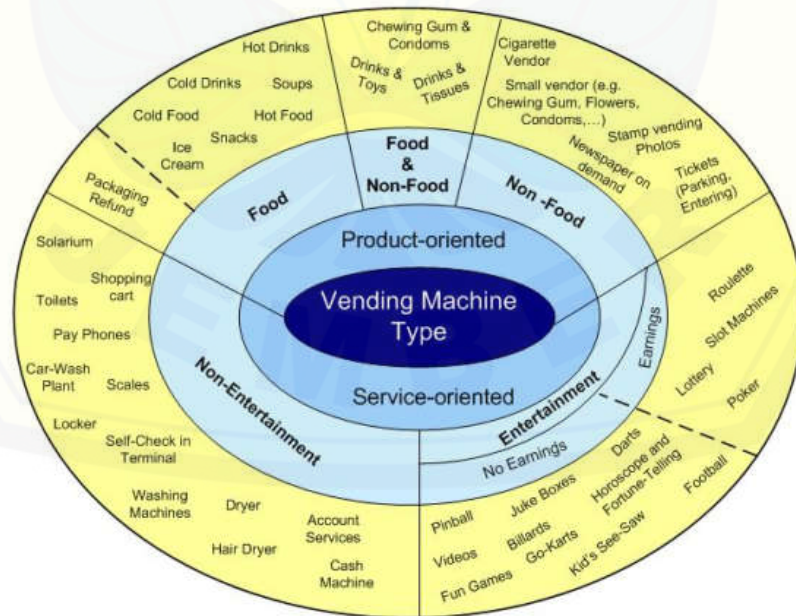
#### **2.4 Vending Machine**

*Vending machine* (mesin penjual otomatis) merupakan suatu mesin yang dapat mengeluarkan barang yang diinginkan pembeli. Pengoperasian atau cara kerja *vending machine* sangat cepat dan efisien sehingga konsumen lebih cepat memperoleh produk yang diinginkan tanpa harus mengantri lama. Program *vending machine* dapat menerima masukan uang kertas maupun uang logam, tetapi uang kembalian yang diperoleh konsumen hanya berupa uang logam. Beberapa kata yang menjadi karakter *vending machine* yaitu alat yang melayani

diri-sendiri dan mengeluarkan produk tertentu maksudnya yaitu *vending machine* biasanya bekerja secara otomatis dimana konsumen tidak perlu mengisi alat tersebut setiap kali menggunakannya (Alamsyah dan Tiara, 2014).

*Vending machine* biasanya ditempatkan di ruangan dan pada lingkungan yang tidak dijaga seperti: sudut ruangan pabrik atau kantor, toko ritel, stasiun, hotel, restoran, bandara maupun di mal. *Vending machine* menjadi bernilai di mata konsumen karena kepraktisan dan penghematan waktu (Alamsyah dan Tiara, 2014).

Menurut (Susanne *et al.*, 2005), *vending machine* dapat dibagi menjadi 2 yaitu *vending machine* produk dan *vending machine* jasa atau pelayanan. *Vending machine* produk, yaitu mesin yang tidak menawarkan makanan dingin atau panas, melainkan menawarkan barang-barang (bukan makanan). Kategori ini termasuk mesin pengembalian dimana pelanggan mendapatkan kembalian uang atau penukaran uang. Adapun *vending machine* jasa atau pelayanan, yaitu mesin yang menawarkan jenis berbagai jasa, hiburan (seperti kotak lagu, mesin slot) dan bukan hiburan (seperti telepon, atau skala). Gambar 2.2 memberikan sebuah ilustrasi dari perbedaan jenis dari *vending machine*.



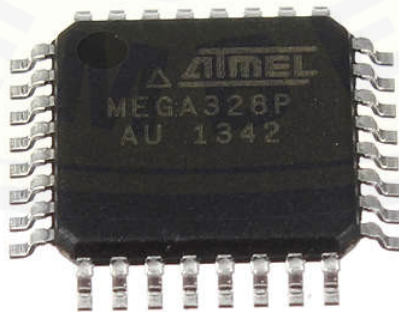
Gambar 2.2 Ilustrasi perbedaan jenis *vending machine* (Sumber : Susanne *et al.*, 2005)

## 2.4 Mikrokontroler

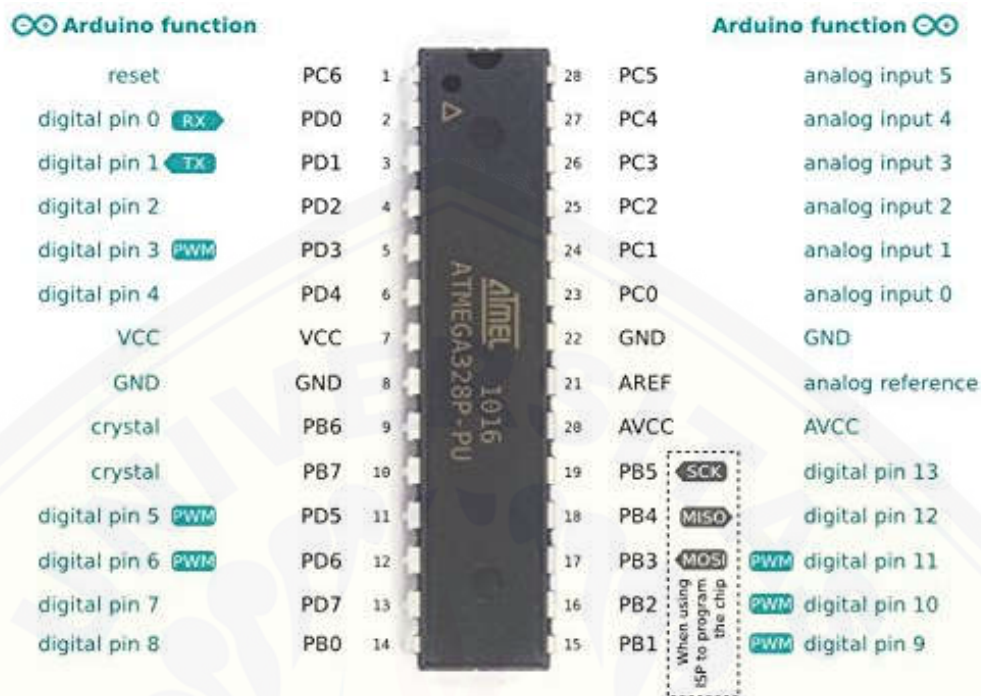
Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam suatu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur *input/output* dan perangkat pelengkap lainnya. Meskipun kecepatan pengolahan data dan kapasitas memori pada mikrokontroler jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan komputer personal, namun kemampuan mikrokontroler sudah cukup untuk dapat digunakan pada banyak aplikasi karena ukurannya yang kompak. Mikrokontroler sering digunakan pada sistem yang tidak terlalu kompleks dan tidak memerlukan kemampuan komputasi yang tinggi (Adi, 2010:105-106).

Menurut (Andriano dan Darmawan, 2016:9-10) mikrokontroler digunakan dalam sistem elektronik modern, seperti; sistem manajemen mesin mobil, *keyboard computer*, instrumen pengukuran elektronik, televisi, radio, telepon digital, *microwave oven*, *printer*, *scanner*, kulkas, pendingin ruang, CD/DVD *player*, kamera, mesin cuci, robot, sistem otomasi, akuisisi data, keamanan, peralatan medis, mesin ATM, modem, *router* dan lain-lain.

Mikrokontroler mempunyai banyak tipe, salah satunya ialah mikrokontroler Atmega 328 yang digunakan dalam Arduino Uno. Mikrokontroler Atmega 328 merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang diproduksi perusahaan Atmel. Atmega 328 dilengkapi dengan 28 pin dan mempunyai memori internal SRAM sebesar 2K Byte, memori program flash sebesar 32K Byte, dan EEPROM sebesar 1 Kilobyte. Adapun kaki-kaki konfigurasi pin Atmega 328 dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4.



Gambar 2.3 Mikrokontroler SMD (*Surface Mount Device*)  
(Sumber : Susanne *et al.*, 2005)

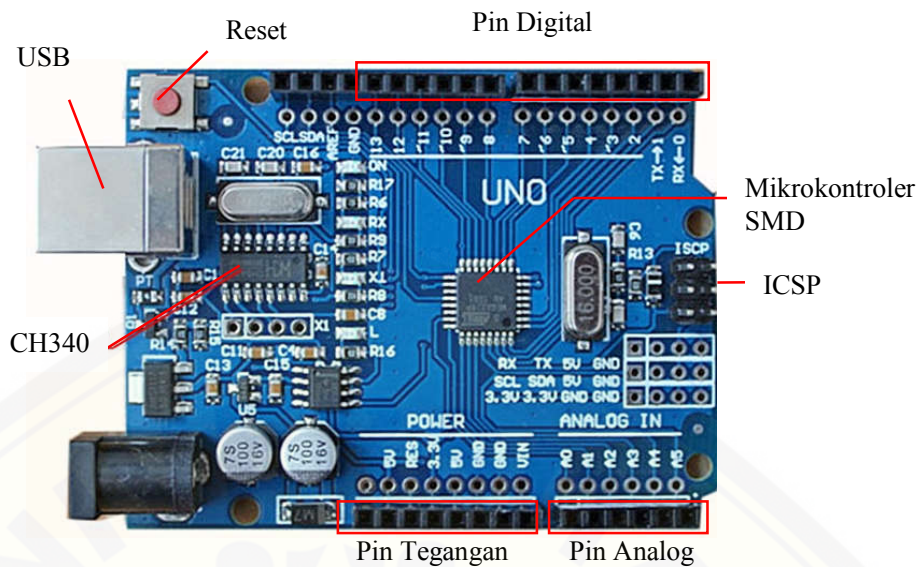


Gambar 2.4 Mikrokontroler DIP (*Dual In Line Package*)  
(Sumber : Susanne *et al.*, 2005)

## 2.5 Arduino

Arduino adalah sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Arduino merupakan kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE). IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, *compile* menjadi kode biner dan *upload* ke dalam *memory* mikrokontroler. Arduino mempunyai banyak modul pendukung seperti misalnya sensor, tampilan dan sebagainya (Djuandi, 2011).

Jenis arduino yang paling banyak digunakan yaitu tipe Duemilanove dan Uno. Arduino Uno termasuk generasi yang terakhir setelah Duemilanove dan dari sisi harganya sedikit lebih mahal karena memiliki spesifikasi yang lebih tinggi yaitu memiliki mikrokontroler Atmega328 dan *flash memory* 32 KB ((Djuandi, 2011). Berikut fungsi dari arduino uno SMD *clone* yang dapat dijelaskan pada Gambar 2.5.

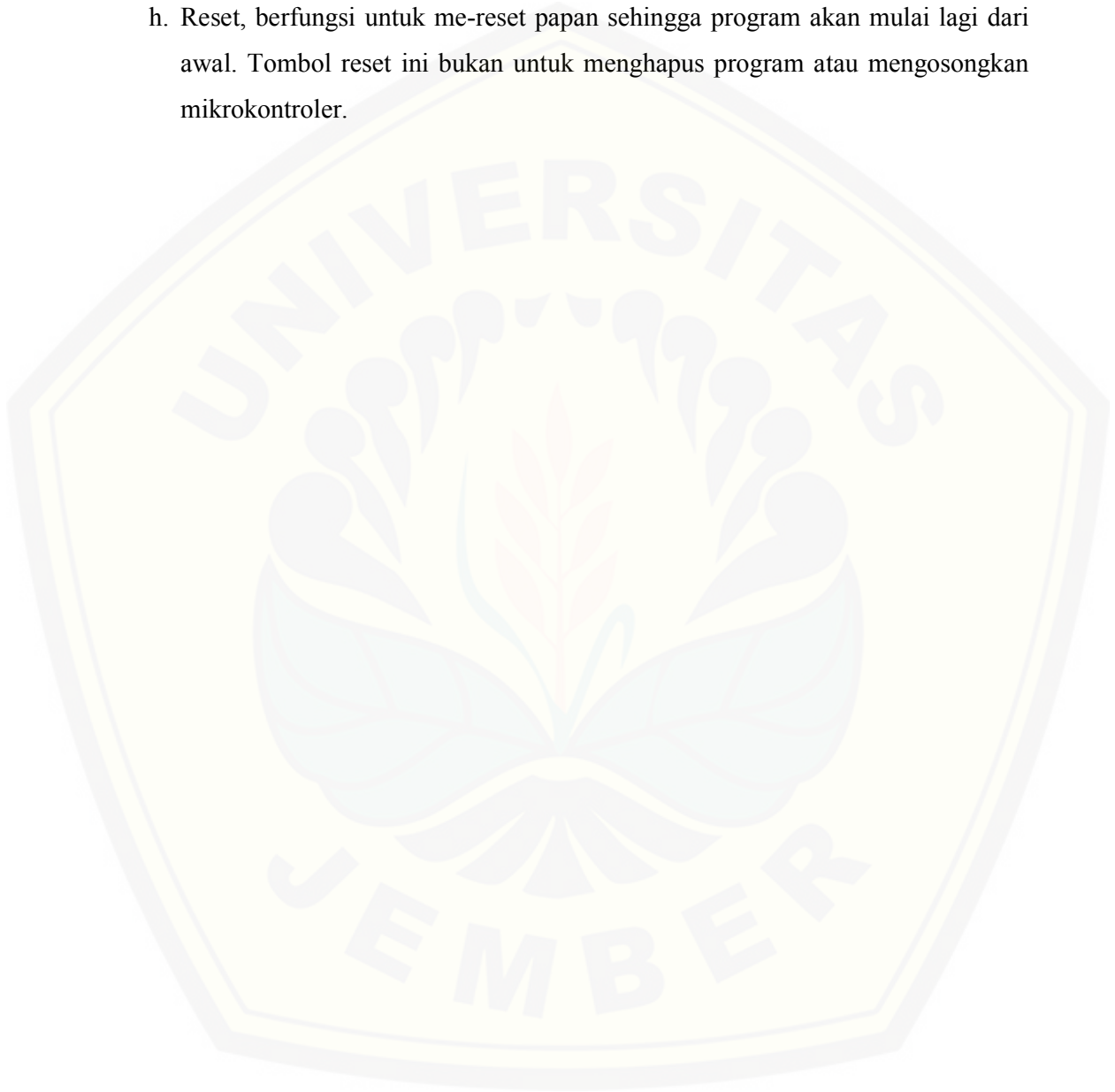


Gambar 2.5 Arduino uno SMD clone

Berdasarkan Gambar 2.5 dapat diketahui bagian-bagian dan fungsi Arduino uno sebagai berikut:

- a. CH340, berfungsi sebagai konverter komunikasi serial mikrokontroler dengan USB (komputer).
- b. Pin tegangan, berfungsi untuk memilih sumber tegangan antara 3,3V, 5V, dan  $V_{input}$ .
- c. Pin analog, berfungsi untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.
- d. Pin digital, pin ini berfungsi sebagai input atau output, dapat diatur oleh program. Pin ini adalah pin digital. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog output dimana tegangan output-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin output analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.
- e. ICSP, port ini memungkinkan pengguna untuk memprogram *microcontroller* secara langsung, tanpa melalui *bootloader*. Umumnya pengguna Arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan
- f. Mikrokontroler SMD, berfungsi sebagai otak. Mikrokontroler atmega 328 merupakan komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.

- g. USB, port ini untuk sumber daya eksternal. Jika hendak disuplai dengan sumber daya eksternal, papan Arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9-12V. Pada umumnya port ini dapat menggunakan adaptor.
- h. Reset, berfungsi untuk me-reset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Tombol reset ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan mikrokontroler.



## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat

Pembuatan sistem penakar pupuk ini dilakukan pada bulan Februari 2018 sampai dengan Mei 2019 bertempat di laboratorium *N-Computing* Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Adapun penelitian ini dilaksanakan di kebun kopi milik rakyat yang berlokasi di Sidomulyo, Kecamatan Silo Kabupaten Jember.

### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

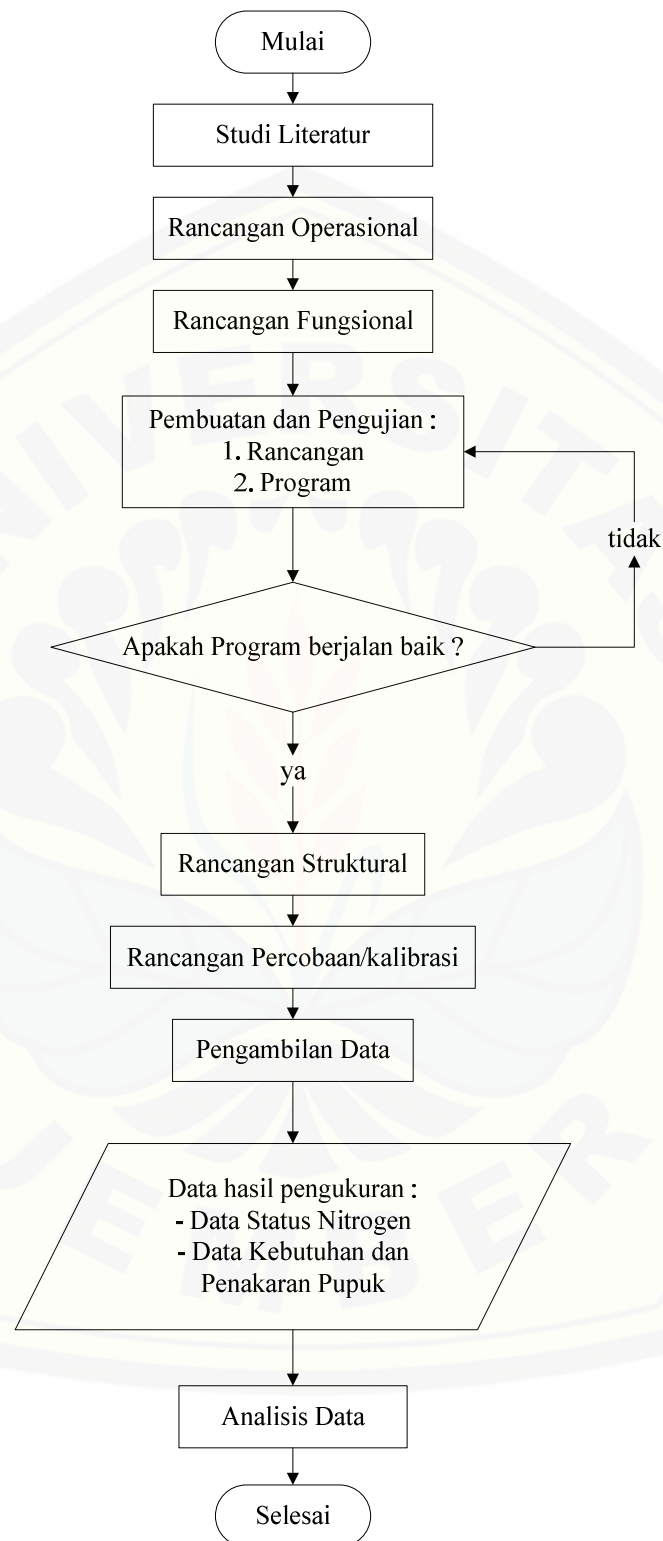
- |                                  |                               |
|----------------------------------|-------------------------------|
| a) Laptop                        | l) Modul RGB ISL29125         |
| b) Solder                        | m) Lampu LED 3,3V             |
| c) Bor listrik                   | n) Resistor                   |
| d) Gerinda tangan                | o) Kabel <i>connector</i>     |
| e) Modul Arduino uno             | p) Timbangan digital bekas    |
| f) SMD <i>clone</i> (ATMega328P) | q) Modul HX711                |
| g) 2 buah LCD I2C 16x2           | r) 4 buah baterai 3V          |
| h) <i>Hopper</i>                 | s) Kabel <i>dutch</i> 1 meter |
| i) Modul <i>load cell</i> 10 kg  | t) Lem tembak                 |
| j) 2 buah servo motor mg995      | u) Saklar on/off.             |
| k) 5 <i>push button</i>          |                               |

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

- Batang aluminium
- Pupuk urea
- Papan akrilik
- Daun kopi

### 3.3 Tahapan Penelitian

Adapun alur proses penelitian yang dilakukan yaitu dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian



### 3.3.1 Studi Literatur

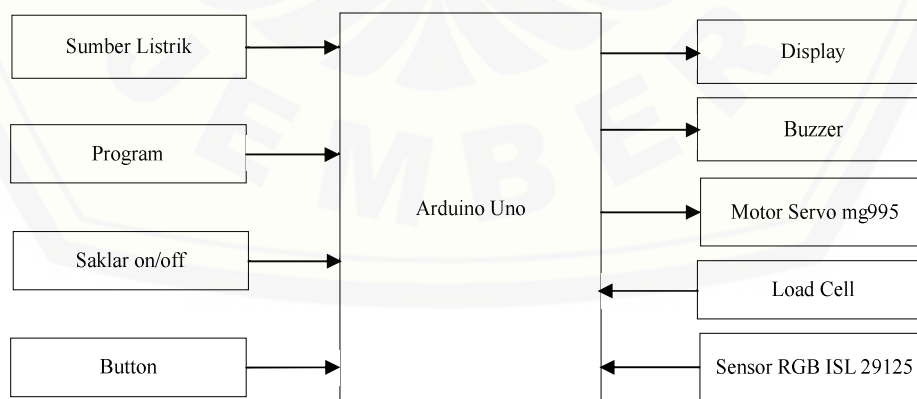
Tahap pertama yang dilakukan ialah melakukan studi literatur tentang tanaman kopi dan mikrokontroler. Hal yang perlu diperhatikan yaitu tentang karakteristik dan syarat pemupukan kopi, terutama dosis pupuk N berdasarkan usia tanaman kopi. Selain itu juga perlu mempelajari tentang program arduino dan berbagai komponen perangkat yang mendukung untuk pemrograman.

### 3.3.2 Rancangan Operasional

Sistem ini dirancang untuk melakukan penakaran pupuk berdasarkan intensitas warna RGB dari sensor. Sensor RGB tersebut mampu membaca warna secara akurat dengan menambahkan lampu LED yang diletakkan secara *absorband* dengan sumber tegangan 3,3V dan menampilkan hasil pembacaan data warna RGB pada LCD arduino. Hasil pembacaan RGB tersebut digunakan untuk menentukan saran pemupukan Nitrogen yang dianjurkan. Sehingga dari data yang diperoleh sensor RGB, maka servo akan otomatis terbuka dan mengeluarkan pupuk dengan takaran yang sesuai berdasarkan klorofil daun tersebut.

### 3.3.3 Rancangan Fungsional

Berdasarkan rancangan operasional, sistem ini memerlukan beberapa unit fungsional antara lain : arduino uno, sumber listrik, program, saklar on/off, *push button*, luaran *display*, *buzzer*, motor servo mg995, *load cell*, dan sensor RGB ISL 29125. Ilustrasi rancangan fungsional sistem ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.2 Ilustrasi rancangan fungsional

Fungsi dari komponen-komponen tersebut antara lain yaitu :

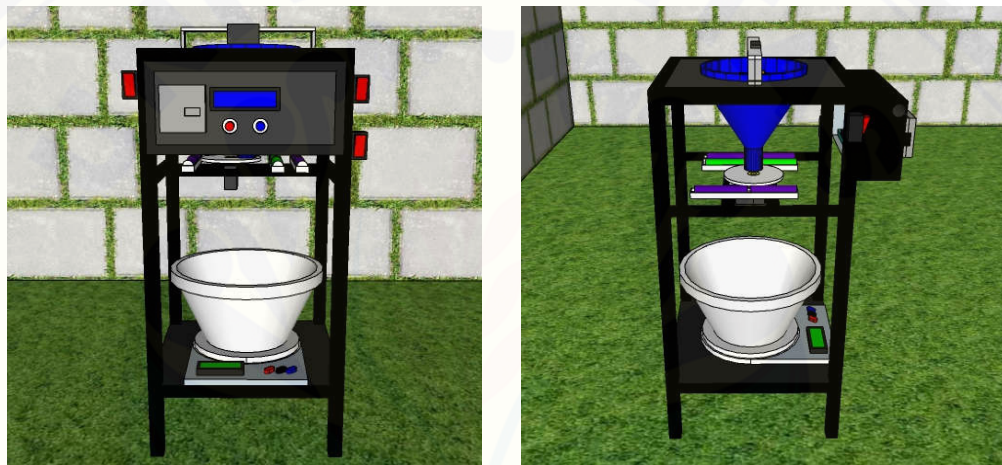
- a. Sumber listrik, berfungsi sebagai sumber listrik yang dibutuhkan oleh komponen-komponen.
- b. Program, berfungsi sebagai sekumpulan perintah untuk mengatur fungsi yang akan dijalankan sesuai dengan yang diinginkan.
- c. Arduino uno, berfungsi sebagai pusat atau pengendali perintah kepada seluruh komponen sistem.
- d. *Display*, berfungsi menampilkan informasi nilai klorofil daun dan nilai berat.
- e. Saklar *on/off*, berfungsi sebagai pemutus dan penyambung arus listrik.
- f. *Push button*, berfungsi sebagai input pada pemrograman.
- g. *Buzzer*, berfungsi sebagai keluaran suara dengan frekuensi tertentu
- h. Motor servo mg995, berfungsi sebagai motor penggerak DC untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor.
- i. *Load cell*, berfungsi sebagai pendeteksi tekanan atau berat suatu beban.
- j. Sensor RGB ISL 29125, berfungsi sebagai pendeteksi warna yang bekerja dengan membiaskan cahaya tampak menjadi spektrum warna merah, hijau, dan biru.

#### 3.3.4 Pembuatan dan Pengujian

*Coding* dibuat dengan program IDE Arduino untuk sistem pembacaan klorofil daun kopi dan penakar pupuk N. Sistem penakar pupuk ini dikatakan berfungsi dengan baik jika sistem mengeluarkan takaran pemupukan mendekati data literatur yang ada. Apabila pembacaan sistem masih belum sesuai maka perlu dilakukan pembuatan ulang dan kalibrasi sistem pada sensor. Program dibuat untuk mengambil data sekali proses, sehingga perlu dilakukan pembacaan klorofil daun berulang-ulang sampai 25 kali pembacaan. Data yang didapat akan dirata-rata dengan menekan tombol sehingga kebutuhan saran pemupukan akan dimunculkan pada display LCD.

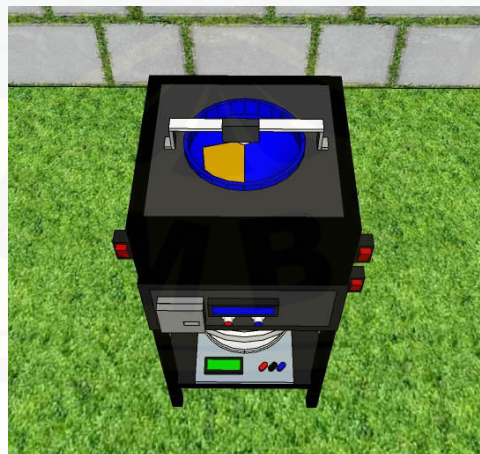
### 3.3.5 Rancangan Struktural

Rancangan elektronika yang dibutuhkan sudah terancang dalam satu paket arduino dan ada dalam *box* sistem kontrol. Kerangka yang digunakan terbuat dari bahan aluminium dan akrilik yang mudah didapatkan dan lebih tahan lama. Adapun rangkaian elektronika sistem ini terhubung dengan sumber listrik yang bersumber dari kabel USB *power bank*. Penakar pupuk ini berukuran 40cm x 40cm x 60cm dengan kapasitas pupuk maksimal yaitu 1 kg. Berikut desain rencana bangun sistem penakar pupuk yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.



(a)

(b)



(c)

(a) Tampak depan; (b) Tampak samping; dan (c) Tampak atas

Gambar 3.3 Ilustrasi rancangan struktural

### 3.3.6 Rancangan Percobaan/Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan berdasarkan data perhitungan jumlah klorofil yang mendeteksi nilai RGB, kemudian dengan menggunakan sudut yang ada pada prinsip motor servo dapat mengeluarkan pupuk yang ada dalam penakar sesuai kebutuhan pupuk tanaman kopi yang disesuaikan dengan pengeluaran yang akan dideteksi oleh sensor berat.

### 3.3.7 Pengambilan Data

Data yang diambil dalam penelitian ini ada dua yaitu data rata-rata kebutuhan pupuk N dan data jumlah pupuk yang tertampung. Dari setiap jenis tanaman kopi robusta dalam 1 pohon diambil masing-masing 5 daun yang sudah dewasa (*mature*) yang sudah berkembang penuh pada daun ke-3 (Prabowo, 2011). Pengambilan daun kopi robusta dilakukan pada jam 09.00 sampai 16.00. Adapun usia tanaman kopi  $\pm$  3 tahun. Berikut ilustrasi pengambilan daun kopi robusta dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Pemilihan sampel daun tanaman kopi robusta

### 3.3.8 Analisis Data

Data yang telah didapat dari hasil pengukuran dianalisa menggunakan program *microsoft excel* dengan membuat grafik korelasi antara perbandingan data yang dihasilkan oleh sistem penakar pupuk dan data Agriino yang telah dikalibrasi dengan SPAD-502 klorofilmeter. Data tersebut diolah dan disesuaikan dengan indeks SR, SRrgb, NDVIrgb, NDVIgreen, NDI, EVIgreen, GMR, dan SAVIgreen (Putra dan Soni, 2018). Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dihitung untuk mengamati kesamaan dan hubungan kedua variabel pengukuran. Adapun untuk melihat keakurasian sistem dalam menakar pupuk menggunakan metode Galat persentase yaitu dan dilakukan pengambilan data berat sebanyak 44 kali.

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil rancang bangun sistem penakar pupuk ini terbuat dari sistem mikrokontroler arduino uno yang dikalibrasikan dengan alat Agriino yang tidak hanya mengestimasi saran pemupukan, tetapi juga takaran pupuk yang disesuaikan dengan serapan nitrogen daun tanaman kopi robusta.
2. Hasil beberapa indeks vegetasi yang menunjukkan keamatan hubungan yang paling sesuai digunakan oleh sistem penakar pupuk yaitu GMR (*Green Minus Red*) dengan nilai determinasi:  $R^2 = 0,912$  dan persamaan:  $y = 1.497x^{0.906}$ .
3. Hasil kebutuhan pupuk memiliki rata-rata eror sebesar 6,87% dan memiliki akurasi sebesar 93,1%. Adapun hubungan akurasi sensor berat yang digunakan dalam menakar pupuk bekerja dengan sangat baik.

### 5.2 Saran

Saran dari penelitian ini yaitu:

1. Perlu dibuat rancang bangun sistem yang lebih menyerupai mesin ATM dengan kapasitas penampung pupuk yang besar dan pengaduk pupuk khusus.
2. Perlu membuat tempat khusus pada sistem untuk pupuk urea agar tidak berhubungan langsung dengan Oksigen ( $O^2$ ) dan karbondioksida ( $CO^2$ ).

DAFTAR PUSTAKA

- AAK, 1988. *Budidaya Tanaman Kopi*. Yogyakarta : Kanisius.
- Adi, A.N. 2010 *Mekatronika*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Agrimart Indonesia. 2018. AgriIno (*Handheld Nutrients Sensing System*).  
[https://www.agrimart.id/?page\\_id=1007](https://www.agrimart.id/?page_id=1007). [Diakses pada 5 Februari 2019].
- Alamsyah dan I. Tiara. 2014. Penerapan Algoritma Greedy Pada Mesin Penjual Otomatis (*vending machine*). *Scientific Journal of Informatics*. Vol. 1, No. 2.e-ISSN 2460-004.
- Andrianto, H. dan A. Darmawan. 2016. *Arduino Belajar Cepat dan Pemrograman*. Bandung: Informatika Bandung.
- Dewanto, F.G., J.J.M.F. Londok., R.A.F. Tuturoong., dan W.B. Kaunang. 2013. Pengaruh pemukan anorganik dan organik terhadap produksi tanaman jagung sebagai sumber pakan. *Jurnal Zootek (Zootek Journal)*. 32(5):1-8. ISSN. 0852-2626.
- Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian. 2016. Statistik Perkebunan Indonesia 2015 - 2017 Kopi. Hal 3.
- Djuandi, F. 2011. Pengenalan Arduino. *E-Book*.  
<http://www.tobuku.com/docs/Arduino-Pengenalan.pdf> [Diakses pada 27 Desember 2018].
- Kaushal, S. S., P. M. Groffman, L. E. Band, E. M. Elliot, C. A. Shield, dan C. Kendall. 2011. Tracking nonpoint source nitrogen pollution in human-impacted watersheds. *Environ Sci Technol*; 45:8225-32.
- Najiyati, S dan Danarti. 2012. *Kopi, Budidaya dan Penanganan Lepas Panen*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Nath, T.N. 2013. The macronutrients status of long term tea cultivated soils in Dibrugarh and Sivasgar Districts of Assam, India. *International Journal of Scientific Research*. 2(5):273-275.
- Panggabean, E. 2010. *Perkembangan Ilmu dalam Bidang Kimia, Biologi, dan Kesuburan Tanah*. Jakarta: AgroMedia Pustaka.
- Peraturan Menteri Pertanian. 2014. Pedoman Teknis Budidaya Kopi yang Baik (Good Agriculture Practices /Gap On Coffee). Direktorat Jenderal Perkebunan Nomor 49/Permentan/Ot.140/4.

- Putra, B. T. W., dan Soni, P. 2018. Enhanced broadband greenness in assessing Chlorophyll a dan b, Carotenoid, and Nitrogen in Robusta coffee plantations using a digital camera. *Precision Agriculture*. 19:238-256.
- Potojo, S. 1997. *Penggunaan Urea Tablet*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Patti, P. S., E. Kaya, dan C. H. Silahooy. 2013. Analisis Status Nitrogen Tanah Dalam Kaitannya dengan Serapan N. *Agrologia*, Vol. 2, No. 1, Hal. 51-58.
- Prabowo, D. A. 2011. *Studi Kadar N-total Jaringan Daun Tanaman Kopi Robusta (Coffea canephora) Pada Dua Jenis Tanaman Penaung*. Jember: Fakultas Pertanian, Universitas Jember.
- Rahardjo, P. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika serta Robusta*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sartini, 2015. Mengenal Pupuk Nitrogen dan Fungsinya Bagi Tanaman. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra).  
[http://balittra.litbang.pertanian.go.id/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1571&Itemid=5](http://balittra.litbang.pertanian.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=1571&Itemid=5). [Diakses pada 27 Januari 2019].
- Suharno, M. I., L. N. Setiabudi., dan S. Tjitrosemito. 2007. Efisiensi Penggunaan Nitrogen pada Tipe Vegetasi yang Berbeda di Stasiun Penelitian Cikaniki, Taman Nasional Gunung Halimun Salak, Jawa Barat. *BIODIVERSITAS* Volume 8, No. 4. Hal: 287-294.
- Susanne, G., B. Renate., R. Bernhart., dan G. Johannes. 2005. THE COMMODITY VENDING MACHINE. *Forum Ware International*. IGWT Internationale Gesellschaft für Warenwissenschaften und Technologie (4).
- Siregar, A. dan I. Marzuki. 2011. The Efficiency of Urea Fertilization on N uptake and Yield of Lowland Rice (*Oryza sativa, L.*). *Agricultural Cultivation*, Vol. 7. No 2, hal.107-112.
- Syamsulbahri, 1996. *Bercocok Tanam Tanaman Perkebunan Tahunan*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Tjitrosoepomo, G. 1991. *Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Yahmadi, M. 1986. *Budidaya dan Pengolahan Kopi*. Jember : Balai Penelitian dan Perkebunan Jember.
- Wang, Y., D. Wang., G. Zhang., dan J. Wang. 2013. Estimating nitrogen status of rice using the image segmentation of G-R thresholding method. *Field Crops Research*. 149: 33-39.

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Data primer kopi robusta

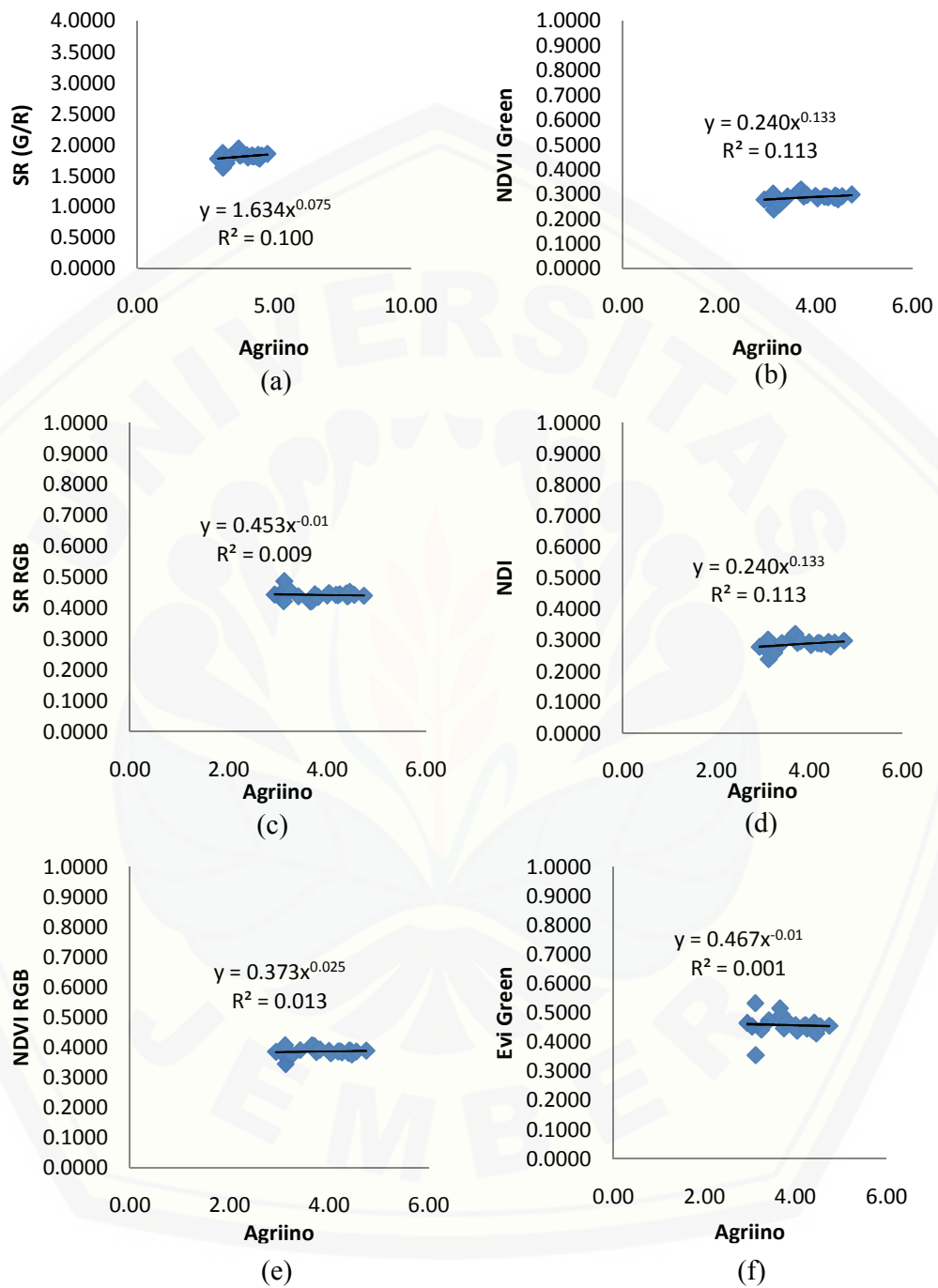
No	Agriino	R	G	B	G'/R'	r	g	b	SR(G/R)	SR RGB	NDVI RGB	NDVI Green	NDI	EVI Green	GMR (G-R)	SAVI Green
1	2,94	157	278	76	0,88	0,31	0,54	0,15	1,7707	0,4435	0,3855	0,2782	0,2782	0,4647	121	0,4168
2	3,05	156	275	74	0,84	0,31	0,54	0,15	1,7628	0,4470	0,3822	0,2761	0,2761	0,4528	119	0,4137
3	3,12	134	250	68	0,84	0,30	0,55	0,15	1,8657	0,4214	0,4071	0,3021	0,3021	0,5321	116	0,4525
4	3,13	145	236	62	0,82	0,33	0,53	0,14	1,6276	0,4866	0,3454	0,2388	0,2388	0,3544	91	0,3578
5	3,25	120	204	60	0,88	0,31	0,53	0,16	1,7000	0,4545	0,3750	0,2593	0,2593	0,4421	84	0,3883
6	3,42	101	184	47	0,88	0,30	0,55	0,14	1,8218	0,4372	0,3916	0,2912	0,2912	0,4732	83	0,4361
7	3,55	93	175	37	0,91	0,30	0,57	0,12	1,8817	0,4387	0,3902	0,3060	0,3060	0,4491	82	0,4581
8	3,66	90	172	42	0,88	0,30	0,57	0,14	1,9111	0,4206	0,4079	0,3130	0,3130	0,5151	82	0,4686
9	3,70	85	165	36	0,89	0,30	0,58	0,13	1,9412	0,4229	0,4056	0,3200	0,3200	0,4926	80	0,4790
10	3,75	79	144	34	0,89	0,31	0,56	0,13	1,8228	0,4438	0,3852	0,2915	0,2915	0,4464	65	0,4362
11	3,77	72	133	32	0,91	0,30	0,56	0,14	1,8472	0,4364	0,3924	0,2976	0,2975	0,4678	61	0,4453
12	3,82	71	131	32	0,9	0,30	0,56	0,14	1,8451	0,4356	0,3932	0,2970	0,2970	0,4717	60	0,4444
13	4,00	70	128	31	0,89	0,31	0,56	0,14	1,8286	0,4403	0,3886	0,2929	0,2929	0,4581	58	0,4383
14	4,04	87	156	38	0,89	0,31	0,56	0,14	1,7931	0,4485	0,3808	0,2840	0,2839	0,4378	69	0,4251
15	4,18	72	131	32	0,89	0,31	0,56	0,14	1,8194	0,4417	0,3872	0,2906	0,2906	0,4552	59	0,4349
16	4,22	67	122	30	0,9	0,31	0,56	0,14	1,8209	0,4408	0,3881	0,2910	0,2910	0,4583	55	0,4354
17	4,26	73	132	32	0,88	0,31	0,56	0,14	1,8082	0,4451	0,3840	0,2878	0,2878	0,4456	59	0,4307
18	4,39	60	108	26	0,87	0,31	0,56	0,13	1,8000	0,4478	0,3814	0,2857	0,2857	0,4380	48	0,4273
19	4,41	60	110	27	0,88	0,30	0,56	0,14	1,8333	0,4380	0,3909	0,2941	0,2941	0,4655	50	0,4399
20	4,43	66	120	30	0,88	0,31	0,56	0,14	1,8182	0,4400	0,3889	0,2903	0,2903	0,4623	54	0,4343
21	4,44	69	124	32	0,92	0,31	0,55	0,14	1,7971	0,4423	0,3867	0,2850	0,2850	0,4599	55	0,4264
22	4,45	55	100	24	0,92	0,31	0,56	0,13	1,8182	0,4435	0,3855	0,2903	0,2903	0,4482	45	0,4341
23	4,46	71	126	31	0,87	0,31	0,55	0,14	1,7746	0,4522	0,3772	0,2792	0,2792	0,4290	55	0,4177
24	4,55	57	104	25	0,88	0,31	0,56	0,13	1,8246	0,4419	0,3871	0,2919	0,2919	0,4528	47	0,4365
25	4,75	54	100	23	0,88	0,31	0,56	0,13	1,8519	0,4390	0,3898	0,2987	0,2987	0,4554	46	0,4466

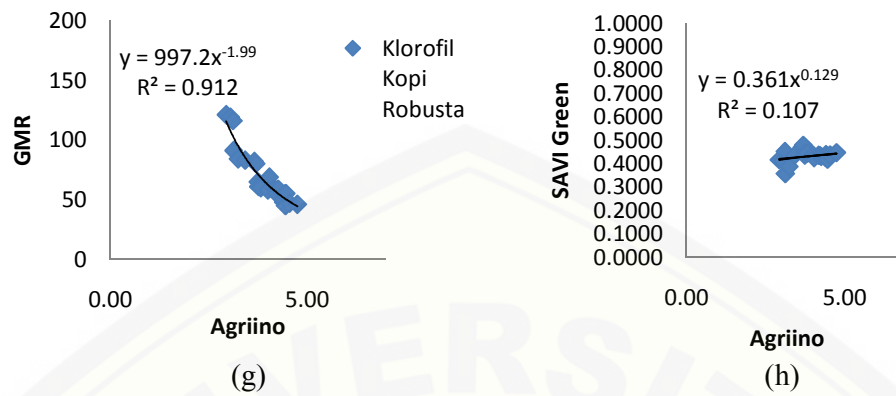


Lampiran 2. Data kalibrasi dan validasi indeks GMR

No	Agrino	GMR	R	G	B	G'/R'	r	g	b	Nois	Kalibrasi	Validasi
1	2,94	121	157	278	76	0,88	0,31	0,54	0,15	0,33	117	115
2	3,05	119	156	275	74	0,84	0,31	0,54	0,15	0,33	108	114
3	3,12	116	134	250	68	0,84	0,30	0,55	0,15	0,33	104	111
4	3,13	91	145	236	62	0,82	0,33	0,53	0,14	0,34	103	89
5	3,25	84	120	204	60	0,88	0,31	0,53	0,16	0,33	96	83
6	3,42	83	101	184	47	0,88	0,30	0,55	0,14	0,34	86	82
7	3,55	82	93	175	37	0,91	0,30	0,57	0,12	0,34	80	81
8	3,66	82	90	172	42	0,88	0,30	0,57	0,14	0,34	75	81
9	3,70	80	85	165	36	0,89	0,30	0,58	0,13	0,34	74	79
10	3,75	65	79	144	34	0,89	0,31	0,56	0,13	0,34	72	66
11	3,77	61	72	133	32	0,91	0,30	0,56	0,14	0,34	71	62
12	3,82	60	71	131	32	0,90	0,30	0,56	0,14	0,34	69	61
13	4,00	58	70	128	31	0,89	0,31	0,56	0,14	0,34	63	59
14	4,04	69	87	156	38	0,89	0,31	0,56	0,14	0,34	62	69
15	4,18	59	72	131	32	0,89	0,31	0,56	0,14	0,34	58	60
16	4,22	55	67	122	30	0,90	0,31	0,56	0,14	0,34	57	56
17	4,26	59	73	132	32	0,88	0,31	0,56	0,14	0,34	56	60
18	4,39	48	60	108	26	0,87	0,31	0,56	0,13	0,34	53	50
19	4,41	50	60	110	27	0,88	0,30	0,56	0,14	0,34	52	52
20	4,43	54	66	120	30	0,88	0,31	0,56	0,14	0,34	52	56
21	4,44	55	69	124	32	0,92	0,31	0,55	0,14	0,34	51	56
22	4,45	45	55	100	24	0,92	0,31	0,56	0,13	0,34	51	47
23	4,46	55	71	126	31	0,87	0,31	0,55	0,14	0,34	51	56
24	4,55	47	57	104	25	0,88	0,31	0,56	0,13	0,34	49	49
25	4,75	46	54	100	23	0,88	0,31	0,56	0,13	0,34	45	48

Lampiran 3. Sebaran indeks vegetasi



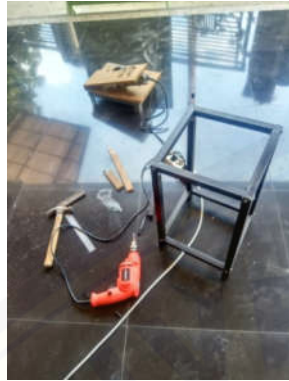


Gambar (a) SR (G/R); (b) NDVI Green; (c) SR RGB; (d) NDI; (e) NDVI Green; (f) Evi Green; (g) GMR; dan (h) SAVI Green

Lampiran 4. Data akurasi sistem penakar pupuk

No	GMR		Pupuk Decision	Pupuk actual
	min	max		
1	11	15	10,0	10,0
2	16	20	15,0	15,0
3	21	25	20,0	20,0
4	26	30	25,0	25,0
5	31	35	30,0	30,0
6	36	40	35,0	35,0
7	41	45	40,0	40,0
8	46	50	45,0	45,0
9	51	55	50,0	50,0
10	56	60	55,0	55,0
11	61	65	60,0	60,0
12	66	70	65,0	65,0
13	71	75	70,0	70,0
14	76	80	75,0	75,0
15	81	85	80,0	80,0
16	86	90	85,0	85,0
17	91	95	90,0	90,0
18	96	100	95,0	95,0
19	101	105	100,0	100,0
20	106	110	105,0	105,0
21	111	115	110,0	110,0
22	116	120	115,0	115,0
23	121	125	120,0	120,0
24	126	130	125,0	125,0
25	131	135	130,0	130,0
26	136	140	135,0	135,0
27	141	145	140,0	140,0
28	146	150	145,0	145,0
29	151	155	150,0	150,0
30	156	160	155,0	155,0
31	161	165	160,0	160,0
32	166	170	165,0	165,0
33	171	175	170,0	170,0
34	176	180	175,0	175,0
35	181	185	180,0	180,0
36	186	190	185,0	185,0
37	191	195	190,0	190,0
38	196	200	195,0	195,0
39	201	205	200,0	200,0
40	206	210	205,0	205,0
41	211	215	210,0	210,0
42	216	220	215,0	215,0
43	221	225	220,0	220,0
44	226	230	225,0	225,0

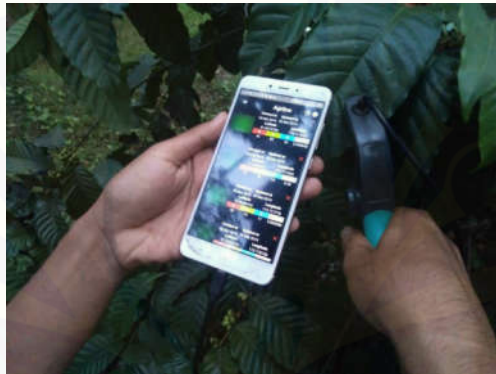
Lampiran 5. Dokumentasi rancang bangun *box* sistem penakar pupuk



Lampiran 6. Dokumentasi pengambilan data menggunakan Agriino dan Sistem penakar pupuk



(a)



(b)



(c)

Gambar (a) Tanaman Kopi; (b) Agriino; (c) Sistem penakar pupuk;