

**RANCANG BANGUN SPECTROMETER BERBASIS ARDUINO
UNTUK PENGUKURAN ABSORBANSI CAIRAN**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains*



Oleh :
DIAH RAHMAWATI
NIM/TM. 16034054/2016

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Diah Rahmawati
NIM : 16034054
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

RANCANG BANGUN *SPECTROMETER* BERBASIS ARDUINO UNTUK PENGUKURAN ABSORBANSI CAIRAN

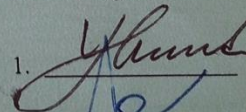
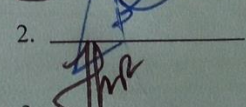
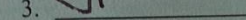
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Departemen
Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri
Padang

Padang, 03 Juni 2022

Tim Penguji

	Nama
1. Ketua	: Yohandri, M.Si., Ph.D
2. Anggota	: Dr. Yulkifli, S. Pd., M.Si
3. Anggota	: Hary Sanjaya, M.Si

Tanda Tangan

1.	
2.	
3.	

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Diah Rahmawati
NIM : 16034054
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

RANCANG BANGUN *SPECTROMETER* BERBASIS ARDUINO UNTUK PENGUKURAN ABSORBANSI CAIRAN

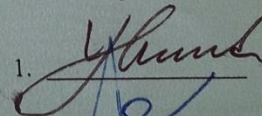
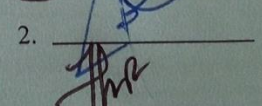
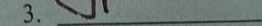
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Departemen
Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri
Padang

Padang, 03 Juni 2022

Tim Penguji

	Nama
1. Ketua	: Yohandri, M.Si., Ph.D
2. Anggota	: Dr. Yulkifli, S. Pd., M.Si
3. Anggota	: Hary Sanjaya, M.Si

Tanda Tangan

1.	
2.	
3.	

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini, tugas akhir berupa skripsi dengan judul "**Rancang Bangun Spectrometer Berbasis Arduino Untuk pengukuran Absorbansi Cairan**", adalah asli karya sendiri.
2. Di dalam karya tulis ini berisi gagasan, rumusan, dari penelitian saya, tanpa bantuan pihak lain, kecuali pembimbing.
3. Di dalam Karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada kepustakaan.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam ada pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 03 Juni 2022

Yang membuat pernyataan



Diah Rahmawati
16034054

Rancang Bangun Spectrometer Berbasis Arduino Untuk Pengukuran Absorbansi Cairan

Diah Rahmawati

ABSTRAK

Spectrometer adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengukur nilaiabsorbansi sebuah cairan menggunakan prinsip gelombang dan cahaya. *Spectrometer* memanfaatkan Panjang gelombang dari gelombang elektromagnetik. Komponen utama *Spectrometer* yaitu sensor sebagai detektor. Sensor BH1750 berfungsi untuk mendeteksi nilai absorbansi suatu sampel cairan setelah diiradiasi dengan lampu RGB. Jika lampu RGB menyinari sampel maka snsor akan membaca nilai keluaran sesuai dengan pemograman Arduino. Tujuan penelitian yaitu untuk menentukan spesifikasi desain spesifikasi performansi dari alat *Spectrometer* dan menentukan nilai absorbansi sampel.

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa, Pada penelitian ini dijelaskan spesifikasi performansi dan spesifikasi desain alat *Spectrometer*. Spesifikasi performansi menjelaskan kinerja atau fungsi dari setiap sistem pembangun alat . Sedangkan spesifikasi desain menjelaskan ketepatan dan ketelitian dari alat. Penelitian ini menggunakan sampel *Congo red* dengan variasi konsentrasi 20, 30, 40, 50, dan 60 ppm.

Hasil yang didapatkan untuk spesifikasi performansi adalah *Spectrometer* menggunakan mikrokontroler Arduino Nano yang berfungsi untuk pengontrolan, *Liquid Crystal Display* (LCD) untuk menampilkan nilai *input* variabel terikat. Sensor BH1750 sebagai detector intensitas. Untuk pengukuran ketepatan dilakukan variasi konsentrasi didapatkan hasil perbandingan absorbansi alat standar dengan alat yang dibuat dalam empat panjang gelombang dengan ketepatan relatif 0,94 hingga 0,98 dengan persentase kesalahan 3,62%. Dari hasil penelitian juga di dapatkan puncak absorbansi terletak pada spektrum hijau yaitu 0,6 A. Sedangkan presisi data alat *Spectrometer* didapatkan nilai ketelitian yaitu 96%. Dengan demikian, Spectrometer Berbasis Arduino dapat bekerja dengan baik.

Kata Kunci: *Spectrometer*, absorbansi, Arduino Nano

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena atas segala rahmat, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa kita curahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Judul dari Tugas Akhir ini adalah **“Rancang Bangun Spectrometer Berbasis Arduino Untuk Pengukuran Absorbansi Cairan”** disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Penulis dapat menulis Tugas Akhir ini karena adanya bantuan, bimbingan serta petunjuk dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Yohandri, S.Si, M.Si, Ph.D, sebagai pembimbing atas segala bantuannya yang tulus dan ikhlas memberikan motivasi, bimbingan, arahan dan saran dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si dan Bapak Hary Sanjaya, S.Si, M.Si., sebagai penguji skripsi yang telah meluangkan waktu dan memberi masukan, kritikan dan pandangan kepada peneliti untuk menyempurnakan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si sebagai Penasehat Akademik, yang selalu memberikan motivasi dan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

4. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M. Si, selaku Ketua Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Syafriani, M. Si, Ph. D, sebagai Ketua Prodi Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
6. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Fisika FMIPA UNP.
7. Staf administrasi dan Laboran di Laboratorium Fisika FMIPA UNP.
8. Keluarga tercinta Mak Adang, Nenek, Tekta, Ibun, Ama, Ante dan Adik-adik kandung dan sepupu yang telah memberikan motivasi, bantuan material, non material, serta kasih sayang dan dukungan kepada peneliti.
9. Rekan-rekan Fisika 2016 dan ELINS '18 dan semua pihak yang telah ikut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, peneliti telah berusaha menyelesaikan dengan sebaik mungkin, akan tetapi penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu peneliti berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca sebagai referensi serta sebagai sarana untuk menambah ilmu pengetahuan dan informasi.

Padang, 13 Juni 2022

Peneliti

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
PENDAHULUAN	2
A. Latar Belakang.....	2
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Batasan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II	6
KAJIAN TEORI	6
A. Tinjauan Spesifikasi.....	6
1. Spesifikasi Performansi	6
2. Spesifikasi Desain	7
B. Spektrometri.....	7
1. Pengertian Spektrometri	7
2. Spektrofotometri Sinar Tampak (<i>visible</i>)	8
3. Hukum Lambert-Beer	12
4. Proses Absorpsi Cahaya pada Spektrofotometri	14
C. Congo Red	16
D. LED RGB.....	17
E. Sensor Cahaya BH1750	18
F. Mikrokontroler Arduino Nano	21
G. Arduino IDE.....	28
H. <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)	29
METODA PENELITIAN	41

A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	41
B. Alat dan Bahan.....	41
C. Jenis Penelitian.....	42
D. Data dan Variabel Penelitian.....	43
E. Prosedur Penelitian	44
F. Teknik Pengumpulan Data.....	51
BAB IV	56
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	56
A. Hasil Penelitian	56
B. PEMBAHASAN	75
BAB V	79
PENUTUP	79
A. Kesimpulan	79
B. Saran	80
DAFTAR PUSTAKA.....	81

DAFTAR TABEL

1.	Absorbansi Cahaya dalam Spektrum Sinar Tampak	12
2.	Spesifikasi <i>board</i> Arduino Nano.....	23
3.	Data hasil pengukuran ketepatan pada 20 ppm	60
4.	Data hasil pengukuran ketepatan pada 30 ppm	62
5.	Data hasil pengukuran ketepatan pada 40 ppm	64
6.	Data hasil pengukuran ketepatan pada 50 ppm	65
7.	Data hasil pengukuran ketepatan pada 60 ppm	67
8.	Data ketelitian pengukuran absorbansi untuk lampu warna putih.....	69
9.	Data ketelitian pengukuran absorbansi untuk lampu warna biru.....	71
10.	Data ketelitian pengukuran absorbansi untuk lampu warna hijau	72
11.	Data ketelitian pengukuran absorbansi untuk lampu warna merah	73

DAFTAR GAMBAR

1.	Ilustrasi Gelombang.....	9
2.	Spektrum gelombang eletromagnetik lengkap	10
3.	Ilustrasi intensitas cahaya setelah melewati larutan akan berkurang.....	14
4.	Struktur molekul <i>Congo red</i>	15
5.	Konstruksi LED-RGB	17
6.	Sensor cahaya BH1750.....	18
7.	Arduino Nano	22
8.	Bentuk Fisik Arduino Nano.....	25
9.	Tampilan Awal Arduino IDE	27
10.	Bentuk fisik modul LCD 20x4	29
11.	Bentuk fisik modul I2C	30
12.	Prosedur Penelitian	44
13.	Desain blok diagram sistem <i>Spectrometer</i>	46
14.	Bentuk desain mekanik alat <i>Spectrometer</i>	47
15.	Rancangan elektronik	48
16.	Diagram alir perancangan perangkat lunak Spectrometer	49
17.	Bentuk luar alat <i>Spectrometer</i>	57
18.	Box Komponen.....	57
19.	Rangkaian alat <i>Spectrometer</i> keseluruhan.....	58
20.	Tampilan LCD	59
21.	Nilai intensitas yang dipancarkan tiap warna lampu	60
22.	Grafik hubungan antara panjang gelombang dengan nilai absorbansi untuk konsentrasi 20 ppm.....	62
23.	Grafik hubungan antara panjang gelombang dengan nilai absorbansi untuk konsentrasi 30 ppm.....	63

24.	Grafik hubungan antara panjang gelombang dengan nilai absorbansi untuk konsentrasi 40 ppm.....	65
25.	Grafik hubungan antara panjang gelombang dengan nilai absorbansi untuk konsentrasi 50 ppm.....	66
26.	Grafik hubungan antara panjang gelombang dengan nilai absorbansi untuk konsentrasi 60 ppm.....	68

DAFTAR LAMPIRAN

1.	Foto penelitian <i>Spectrometer</i>	84
2.	Pengolahan Data Ketepatan dan ketelitian	86
3.	Sampel Larutan <i>Congo red</i>	87
4.	Program Arduino rancang bangun <i>Spectrometer</i> untuk pengukuran absorbansi cairan	89

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya ilmu teknologi yang semakin pesat, saat ini telah banyak memberikan berbagai aspek dalam bidang kehidupan seperti bidang industri, farmasi dan lain-lain. Perkembangan teknologi tersebut juga menimbulkan ide-ide manusia untuk merealisasikan alat penunjang teknologi termasuk dalam bidang metoda pengukuran. Salah satu bidang yang tidak luput dari sorotan adalah pengukuran dengan metode analisis spektroskopi.

Analisis spektroskopi didasarkan pada interaksi radiasi yang berprinsip pada penggunaan cahaya/ tenaga magnet atau listrik untuk mempengaruhi senyawa kimia sehingga menimbulkan tanggapan. Tanggapan tersebut dapat diukur untuk menentukan jumlah atau jenis senyawa (Suhartati, 2017). Spektroskopi merupakan metode yang digunakan untuk menguji materi dan atributnya berdasarkan cahaya yang dipancarkan, diserap atau dipantulkan oleh materi tersebut. Spektroskopi juga dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari interaksi antara cahaya dan materi. Spektroskopi berkembang seiring waktu dengan teknik-teknik baru yang tidak hanya memanfaatkan cahaya tampak, tetapi juga bentuk lain dari radiasi elektromagnetik dan non-elektromagnetik seperti gelombang mikro, gelombang radio, sinar x, fonon, gelombang suara, elektron dan lain sebagainya.

Spektroskopi umumnya digunakan dalam kimia fisika dan kimia analisis untuk mengidentifikasi suatu melalui spektrum yang dipancarkan sekaligus yang diserap. Alat yang digunakan dalam spektroskopi adalah spektrometer. Seiring berjalannya waktu kebutuhan spektrometer untuk penelitian ternyata sangat dibutuhkan. Salah satu jenisnya adalah Spektrometer sinar tampak (*Visible*). Spektrometer dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik suatu materi dalam larutan, nilai absorbansi, panjang gelombang maksimum dan konsentrasi material dalam larutan dengan cara radiasi cahaya pada larutan kemudian mengukur intensitas cahaya yang terserap pada larutan sampel.

Hingga saat ini metode spektroskopi dalam pelaksanaannya sudah banyak memberikan kontribusi dalam kemajuan penelitian dan pengujian sampel. Namun hal ini menjadi kendala tersendiri dengan mahalnya harga sebuah unit spectrometer di pasaran. Selama ini unit spektrometer yang digunakan untuk mengukur dilakukan di laboratorium dan pengoperasiannya terbatas yang berdampak pula tidak semua praktikan/peneliti dapat mengoperasikan sendiri spectrometer saat akan melakukan pengujian larutan. Selain itu, unit spectrometer yang sudah ada harus terhubung pada jaringan listrik sehingga keberadaannya harus di suatu tempat yang aman dan tidak mudah dipindahkan. Dengan demikian, kebutuhan untuk mengukur larutan secara cepat di lapangan tidak efisien dan mudah dilakukan.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, dalam penelitian ini akan dikembangkan alat spectrometer sinar tampak (*Visible*) berbiaya murah dan mudah

dibawa (*portable*). Penelitian spectrometer ini di rancang dan dibangun dengan berbasis Arduino. Arduino dipilih sebagai sistem akusisi karena mudah *user-friendly* sehingga bisa digunakan secara sederhana. Arduino diprogram untuk mengimplementasikan algoritma yang diperlukan dalam proses spectrometer. Selain itu, Arduino dapat mengirimkan informasi display dengan lebih efisien (Jidin 2016: 840). Spektrometer ini dibangun dengan biaya rendah menggunakan sensor intensitas cahaya BH1750 dan sumber cahaya yang memiliki tiga panjang gelombang *Red, Green and Blue* (RGB). Pemilihan panjang gelombang dikendalikan oleh Arduino. Untuk hasil yang maksimal, posisi sensor cahaya sebagai detektor akan diletakkan tepat di belakang sel kuvet larutan.

Rancang bangun spektrometer berbasis Arduino ini dapat menghasilkan alat spektrometer yang lebih fleksibel dan efisien serta dapat dibawa kemana saja. Dengan Spektrometer ini, peneliti dapat mengimplementasikan pengukuran absorbansi dari larutan. Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan penulis telah melakukan penelitian dengan judul yaitu **“Rancang Bangun Spectrometer Berbasis Arduino untuk pengukuran Absorbansi Cairan”**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan masalah penelitian adalah

1. Bagaimana spesifikasi performansi dari rancang bangun *spectrometer* untuk aplikasi pengukuran absorbansi cairan berbasis Arduino?

2. Bagaimana spesifikasi desain dari rancang bangun *spectrometer* untuk aplikasi pengukuran absorbansi cairan berbasis Arduino?
3. Bagaimana hasil absorbansi *Congo Red* menggunakan alat *spectrometer* berbasis Arduino?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus, maka perlu dilakukan beberapa batasan masalah dalam mengembangkan *Sonoreactor* sebagai berikut:

1. Bahan uji yang digunakan adalah *Congo Red*.
2. Mikrokontroller yang digunakan adalah Arduino Nano.
3. Panjang gelombang yang digunakan adalah 400-700 nm.
4. Sumber cahaya yang digunakan adalah LED RGB (*Liquid Crystal Display Red, Green and Blue*).
5. Sensor yang digunakan adalah sensor Intensitas Cahaya BH 1750.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Menentukan spesifikasi desain rancang bangun *spectrometer* untuk absorbansi cairan berbasis Arduino.
2. Menentukan spesifikasi performansi rancang bangun *spectrometer* untuk absorbansi cairan yang berbasis Arduino.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat membuat *spectrometer* yang lebih efisien dan biayanya lebih murah.
2. Dapat mempermudah proses pengukuran absorbansi cairan
3. Dapat digunakan untuk penelitian yang berkaitan dengan pengukuran absorbansi pada cairan.
4. Berguna untuk pengembangan Instrumentasi berbasis elektronika.
5. Penulis, sebagai syarat proyek akhir untuk kelulusan.
6. Peneliti lain, menambah wawasan dan pengetahuan tentang alat *spectrometer* untuk mengukur absorbansi berbasis Arduino.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Tinjauan Spesifikasi

Sistem pengukuran adalah dirancang untuk memenuhi spesifikasi tertentu. Spesifikasi merupakan pendiskripsian secara mendetail tentang produk hasil penelitian. Menurut (Ilham, 2009), Spesifikasi adalah ukuran (metrik) dan nilai dari ukuran tersebut (nilai matrik). Secara umum spesifikasi digolongkan atas dua tipe yaitu spesifikasi performansi dan spesifikasi desain.

1. Spesifikasi Performansi

Spesifikasi performansi mengidentifikasi fungsi-fungsi dari setiap komponen pembentuk sistem. Spesifikasi performansi biasa disebut juga dengan spesifikasi fungsional. Spesifikasi performansi merupakan suatu proses membuat spesifikasi kerja yang akurat dari rancangan yang diperlukan. Spesifikasi performansi yang meliputi kualitas dan kuantitas pembentuk sistem dapat memberikan kemudahan dalam penggunaannya (Bakri, 2010).

Untuk mengetahui spesifikasi performansi suatu sistem dapat dilakukan pengantaran dan pengukuran terhadap sistem tersebut. Pengamatan dilakukan terhadap sistem secara keseluruhan, misalnya mengambil gambar komponen-komponen yang digunakan, mengukur panjang dan lebar alat untuk mengetahui dimensi sistem, atau mengukur besar input yang diberikan oleh sistem.

2. Spesifikasi Desain

Spesifikasi desain sering juga disebut sebagai spesifikasi produk. Spesifikasi produk adalah metrik dan nilai yang harus dicapai oleh sebuah produk dan bukan bagaimana produk harus bekerja (Ilham, 2009). Spesifikasi desain tergantung pada sifat alami dari material yang digunakan. Spesifikasi desain menjelaskan tentang karakteristik statik produk, toleransi, bahan pembentuk sistem, ukuran sistem, dan dimensi sistem. Karakteristik statik suatu sistem meliputi akurasi, presisi, resolusi, dan sensitivitas.

Akurasi merupakan kedekatan (*closeness*) nilai yang terbaca pada alat ukur yang sebenarnya. Akurasi ditentukan dengan cara mengkalibrasi sistem pada suatu kondisi operasi tertentu. Sistem yang baik memiliki akurasi 100%. Presisi didefinisikan sebagai kemampuan suatu alat ukur untuk menghasilkan nilai yang sama pada pengukuran berulang. Presisi ditentukan melalui percobaan berulang, menggunakan sistem yang sama terhadap objek yang sama pada suatu besaran yang sama. Resolusi, yaitu perubahan terkecil yang dapat diukur pada instrumen atau tanggapan respon terkecil dari instrumen. Sensitivitas, yaitu kepekaan instrumen terhadap implus yang diberikan.

B. Spektrometri

1. Pengertian Spektrometri

Spektrometri adalah salah satu metode analisis instrumental yang menggunakan dasar interaksi energi dan materi berdasarkan spektroskopi. Spektroskopi merupakan

ilmu yang mempelajari interaksi antara radiasi dan benda sebagai fungsi Panjang gelombang. Awalnya spektroskopi hanya mengacu pada pen-dispersi-an cahaya tampak berdasarkan Panjang gelombang (misalnya oleh prisma). Untuk selanjutnya konsep ini berkembang untuk menunjuk pada segala bentuk pengukuran kuantitatif sebagai fungsi dari Panjang gelombang dan frekuensi, tidak hanya meliputi cahaya tampak. Sehingga istilah ini bisa juga mengacu pada interaksi radiasi partikel atau respon terhadap berbagai range frekuensi.

Spektroskopi adalah istilah yang digunakan untuk ilmu (secara teori) yang mempelajari tentang hubungan antara radiasi/energi/sinar (yang memiliki fungsi Panjang gelombang) dengan benda. Jadi ada 3 istilah yang berbeda spektroskopi, spektrometri dan spectrometer. Spektroskopi mengacu pada bidang keilmuan, spektrometri adalah teknik aplikasi berdasarkan spektroskopi, sedangkan spectrometer adalah instrument/alat yang bekerja sesuai teknik spektrometri. Spectrometer dapat mengukur intensitas sebagai fungsi dari warna, atau secara khusus, fungsi Panjang gelombang.

2. Spektrofotometri Sinar Tampak (*visible*)

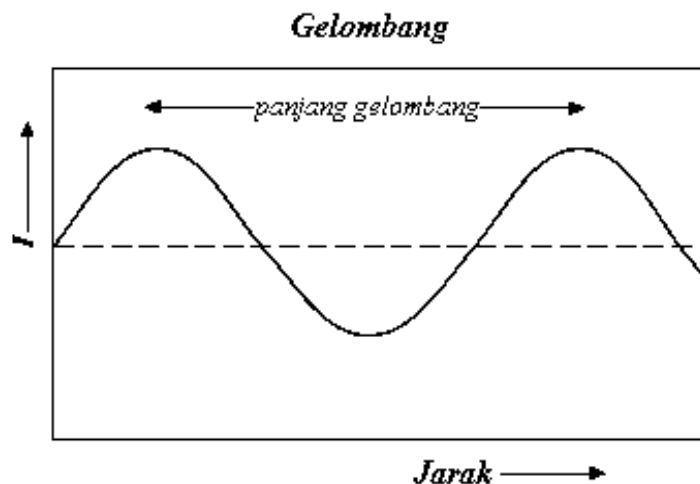
Spektrofotometri visible disebut juga spektrofotometri sinar tampak. Yang dimaksud sinar tampak adalah sinar yang dilihat oleh mata manusia. Cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia adalah cahaya dengan Panjang gelombang 400-800 nm dan memiliki energi sebesar 299-149 kJ/mol. Elektron pada keadaan normal atau berada pada kulit atom dengan energi terendah disebut keadaan dasar (*ground-state*). Energi

yang dimiliki sinar tampak mampu membuat elektron tereksitasi dari keadaan dasar menuju kulit atom yang memiliki energi lebih tinggi atau menuju keadaan tereksitasi.

Cahaya atau sinar tampak adalah radiasi elektromagnetik yang terdiri dari gelombang. Seperti semua gelombang, kecepatan cahaya, Panjang gelombang dan frekuensi dapat didefinisikan sebagai:

$$C = V \cdot \lambda \quad (1)$$

Dalam persamaan ini, C adalah kecepatan cahaya, V merupakan frekuensi dalam gelombang perdetik (Hertz), dan λ adalah panjang gelombang (m).

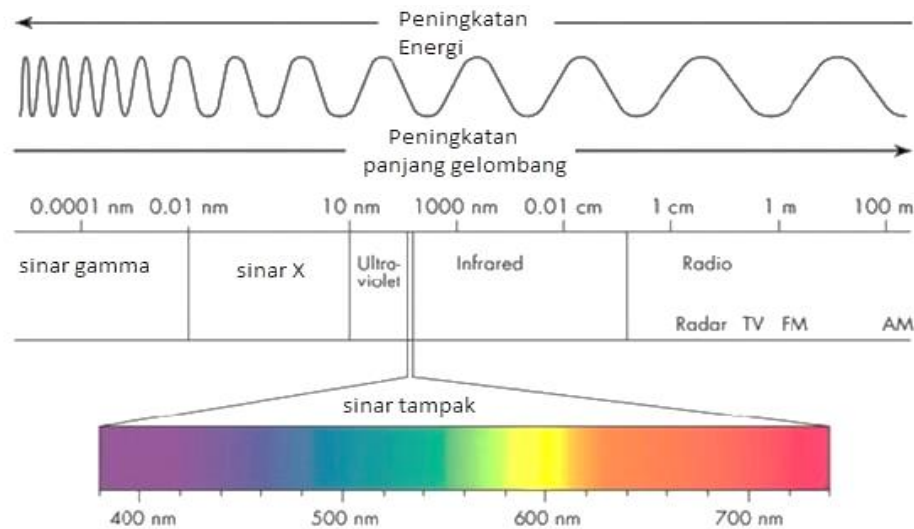


Gambar 1. Ilustrasi gelombang

Pada Gambar 1 terlihat bahwa benda yang bercahaya memancarkan spektrum lebar yang tersusun dari anjang gelombang. Panjang gelombang itu mampu mempengaruhi penglihatan manusia yang mampu memberikan kesan terlihat (*visible*).

Cahaya atau sinar tampak terdiri dari suatu bagian yang sempit kisaran panjang gelombang dari radiasi elektromagnetik dimana mata manusia sensitif. Radiasi dari

panjang gelombang yang berbeda ini dirasakan mata kita sebagai warna yang berbeda, sedangkan campuran dari semua panjang gelombang tampak seperti warna putih, memiliki cakupan panjang gelombang 400-700 nm. Spektrometri molekular (baik kualitatif maupun kuantitatif) bisa dilaksanakan di daerah sinar tampak, sama halnya seperti di daerah yang sinar ultraviolet dan daerah inframerah. Spektrum gelombang elektromagnetik secara lengkap ditampilkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Spektrum gelombang elektromagnetik lengkap (Harvey,2000)

Persepsi visual tentang warna dibangkitkan dari penyerapan selektif panjang gelombang tertentu pada peristiwa penyinaran objek berwarna. Saat panjang gelombang dapat diteruskan atau dipantulkan tergantung objek yang terkena gelombang tersebut atau jika dilihat mata manusia sebagai warna yang dari pancaran atau pantulan cahaya. Oleh karena itu, obyek biru tampak berwarna biru sebab telah menyerap Sebagian dari panjang gelombang dari cahaya dari daerah merah-

kekuningan. Sedangkan onyek yang merah tampak merah sebab telah menyerap sebagian dari panjang gelombang dari daerah biru.

Bagaimanapun, di dalam spektrometri molekul tidak berkaitan dengan wana dari suatu senyawa, yaitu warna yang dipancarkan atau dipantulkan, namun berkaitan dengan warna yang telah dipindahkan spektrum, seperti panjang gelombang yang telah diserap oleh unsur dalam suatu larutan. Energi gelombang seperti bunyi dari air ditentukan oleh amplitude dari getaran tetapi dalam radiasi elektromagnetik energi ditentukan oleh frekuensi ν dan *quantized*, terjadi hanya pada tingkatan tertentu:

$$E = h \cdot \nu \quad (2)$$

Dimana h adalah konstanta Planck dengan besarnya $6,63 \times 10^{-34}$ J.s.

Spektrum Panjang gelombang cahaya yang di serap oleh molekul tergantung pada perbedaan tingkat energi dasar dengan energi terksitasi molekul, sehingga spektrum cahaya terserap dapat memberikan informasi mengenai perbedaan tingkat energi pada molekul. Dalam mekanika kuantum, tingkat energi suatu molekul sebanding dengan energi radiasi cahaya dalam bentuk foton yang disebut sebagai energi foton, besarnya tergantung pada gelombang cahaya (λ) (Muller, 2001:113).

Cahaya/sinar tampak terdiri dari suatu bagian sempit kisaran panjang gelombang dari radiasi elektromagnetik dimana mata manusia sensitif. Radiasi dari panjang gelombang yang berbeda ini dirasakan oleh mata kita sebagai warna berbeda, sedangkan campuran dari semua panjang gelombang tampak seperti sinar putih. Sinar putih memiliki panjang gelombang 400-700 nm. Panjang gelombang dari berbagai warna seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Absorbansi Cahaya dalam Spektrum Sinar Tampak (Underwood, 1999)

Panjang Gelombang (nm)	Warna yang di serap	Warna Komplementer
380- 435	Ungu	Hijau – kuning
435 – 480	Biru	Kuning
480 – 490	Biru – Hijau	Merah kekuningan
490 – 500	Hijau – Biru	Merah
500 – 560	Hijau	Ungu
560 – 580	Hijau – kuning	Ungu
580 – 595	Kuning	Biru
595 – 650	Merah kekuningan	Biru- hijau
650 – 780	Merah	Hijau – biru

Dalam Spektrum cahaya terdapat warna asli dan warna komplementer, warna asli merupakan warna yang diserap oleh benda, sedangkan warna komplementer merupakan warna yang di teruskan atau warna yang terlihat oleh mata manusia (tampak). Sebagai contoh larutan atau benda akan terlihat kuning karena menyerap spektrum warna biru. Hal ini menjadi salah satu inti dari metode spektroskopi sinar tampak, dimana sampel yang akan di uji harus bersifat tembus cahaya dan berwarna. Warna sampel merupakan warna komplementer dari warna yang di serap oleh larutan. Spektrum warna inilah yang dijadikan sebagai salah satu karakteristik dari sampel (Day dan Underwood, 1999: 384).

3. Hukum Lambert-Beer

Hukum Lambert-Beer menyatakan hubungan linieritas antara absorban dengan konsentrasinya larutan dan berbanding terbalik dengan transmitansi. Secara sederhana,

faktor yang mempengaruhi kekuatan radiasi dari cahaya yang dipancarkan melalui media absorpsi. Anggap ketebalan sel absorpsi b dan konsentrasi c .

Menurut Hukum Lambert, serapan berbanding lurus terhadap ketebalan sel (b) yang disinari, dengan bertambahnya sel, maka serapan akan bertambah.

$$A = k.b \quad (3)$$

Menurut Beer, yang berlaku untuk radiasi monokromatis dalam larutan yang sangat encer, serapan berbanding lurus dengan konsentrasi

$$A = k.c \quad (4)$$

Jika konsentrasi larutan ditambahkan, maka jumlah molekul yang dilalui berkas sinar juga akan bertambah dan menyebabkan jumlah serapan juga bertambah. Kedua persamaan diatas digabungkan akan menjadi Hukum Lambert-Beer, maka diperoleh bahwa serapan berbanding lurus dengan konsentrasi dan ketebalan sel dapat ditulis dengan persamaan:

$$A = k.c.b \quad (5)$$

Nilai ketetapan (k) dalam Hukum Lambert-Beer tergantung pada sistem konsentrasi mana yang digunakan. Bila c dalam gram per liter, tetapan disebut dengan absorptivitas molar (ϵ). Jadi dalam sistem dikombinasikan, Hukum Lambert-Beer dapat dinyatakan dalam rumus berikut:

$$A = \epsilon . b . c \quad (6)$$

Dimana: A merupakan serapan, a adalah absorptivitas (serapan), b adalah ketebalan kuvet sel (cm), c adalah konsentrasi larutan (M), dan ϵ merupakan absorptivitas molar ($M^{-1}cm^{-1}$) (Dachriyanus, 2004).

4. Proses Absorpsi Cahaya pada Spektrofotometri

Penyerapan intensitas cahaya oleh suatu medium akan mengurangi intensitas cahaya yang diteruskan (Day dan Underwood diterjemahkan oleh Iis Sopyan, 1999: 384). Pada teknik spektroskopi, seberkas sinar tampak dengan panjang gelombang tertentu yang dilewatkan pada suatu sampel akan mengalami penyerapan (absorpsi) yang mengakibatkan intensitas sinar berkurang. Penyerapan ini terjadi apabila energi radiasi sinar tampak cukup untuk mengeksitasi molekul dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi, kemudian jika terdapat sisa energi radiasi, maka akan diteruskan dengan intensitas sinar yang lebih kecil.

Banyak senyawa organik dan anorganik yang dapat dianalisis secara kualitatif maupun kuantitatif dengan menggunakan spektrofotometer ultraviolet (200-400 nm). Spektrofotometer komersial biasanya beroperasi dari sekitar (200-1000 nm). Identifikasi kualitatif senyawa organik dalam daerah ini jauh lebih terbatas daripada daerah inframerah (Day dan Underwood, 2002).

Sampel untuk spektrofotometri biasanya berbentuk cairan (larutan encer), walaupun penyerapan gas dan bahkan padatan juga dapat diukur. Sampel biasanya diletakkan di sebuah sel transparan yang disebut kuvet. Apabila radiasi atau cahaya putih dilewatkan melalui larutan berwarna, maka radiasi dengan panjang gelombang tertentu

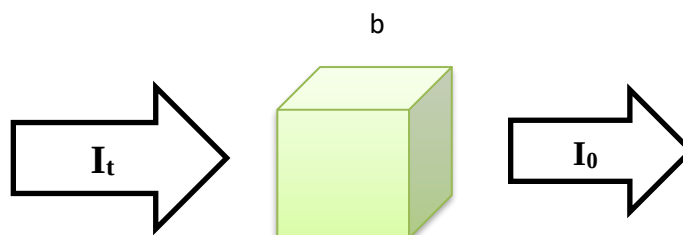
akan diabsorpsi secara selektif dan radiasi lainnya akan diteruskan (transmisi). Jika zat menyerap cahaya tampak dan ultraviolet maka akan terjadi perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju ke keadaan tereksitasi. Perpindahan elektron ini disebut transisi elektronik. Apabila cahaya yang diserap adalah cahaya inframerah maka elektron yang ada dalam atom atau elektron ikatan pada suatu molekul hanya dapat bergetar. Sedangkan gerakan berputar elektron terjadi pada energi yang lebih rendah lagi misalnya pada gelombang radio.

Atas dasar inilah spektrofotometri dirancang untuk mengukur konsentrasi yang ada dalam suatu sampel. Dimana zat yang ada dalam sel sampel disinari dengan cahaya yang memiliki panjang gelombang tertentu. Ketika cahaya mengenai sampel sebagian akan diserap, sebagian lainnya akan dihamburkan dan sebagian lagi akan diteruskan.

Spektrofotometer akan mengukur intensitas dari cahaya yang melewati sebuah sampel (I_t) dan membandingkannya dengan intensitas cahaya sebelum melewati sampel (I_0). Rasio I_t/I_0 disebut dengan transmittan, dan biasanya diekspresikan sebagai persentase. Pengukuran dengan spektrofotometer dapat menghasilkan informasi berupa absorbansi larutan. Absorbansi suatu larutan merupakan logaritma dari $1/T$, dengan T adalah transmittan, yaitu perbandingan intensitas sinar datang (I_0) dan intensitas sinar yang diteruskan (I).

Secara kuantitatif untuk mempelajari berkas radiasi yang dikenakan pada sampel, dapat dilakukan dengan membandingkan intensitas sinar sebelum melewati

sampel (I_e) dengan intensitas sinar setelah melewati sampel (I_b) seperti diilustrasikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi intensitas cahaya setelah melewati larutan akan berkurang

Dalam hal ini akan dihasilkan 3 kemungkinan sebagai berikut:

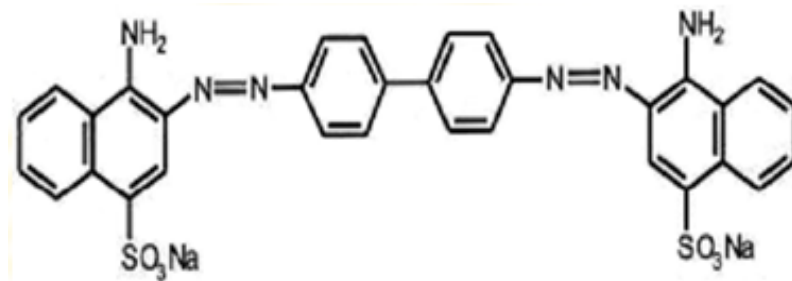
- a. $I_0 = I_t$, berarti tidak ada absorpsi, atau semua sinar dilewatkan.
- b. $I_0 = 0$, berarti semua sinar diabsorpsi, atau tidak ada sinar yang dilewatkan.
- c. $I_0 < I_t$, berarti Sebagian sinar diabsorpsi oleh sampel

Kejadian c akan memberikan informasi tentang nilai absorbansi sampel terhadap sinar yang digunakan sebagai dasar analisis kuantitatif maupun kualitatif (Marham, 2013:9)

C. Congo Red

Congo red mempunyai rumus molekul $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$. Nama IUPAC dari *congo red* adalah natrium benzydindiazo-bis-1-naftilamin-4-sulfonat. Senyawa ini memiliki berat molekul 696,67 g/mol (O'neil, 2001). Dalam air, *Congo red* membentuk koloid berwarna merah. Kelarutan *congo red* sangat baik pada pelarut organik, seperti etanol. Warna merah yang dihasilkan *congo red* dapat diamati melalui alat spektrofotometer. Spektra *Congo red* menunjukkan karakteristik pada puncak sekitar

498 nm. Dalam larutan *Congo red* dapat digunakan sebagai indikator pH 3,0-5,2. *Congo red* cenderung membentuk agregat dalam larutan organik dan air. Sehingga agregat ini memberikan ukuran dan bentuk yang bervariasi (Tapalad, *et al*, 2008). Untuk susunan molekul *Congo red* dapat dilihat pada Gambar 4.



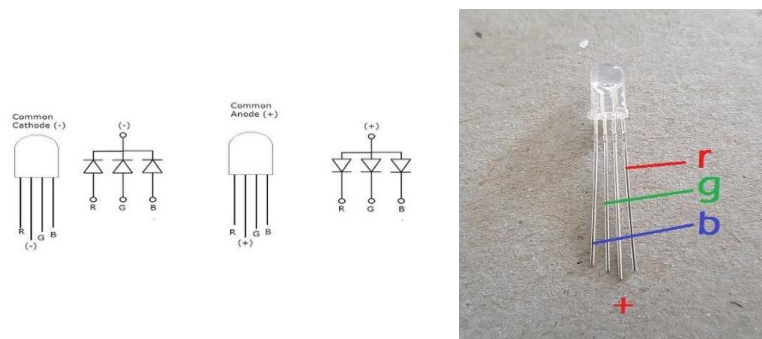
Gambar 4. Struktur molekul *Congo red*

D. LED RGB

LED (*Light Emitting Diode*) adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromator Ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan produk temuan lain setelah *Dioda*, strukturnya juga sama dengan *diode*, tetapi belakangan ditemukan bahwa electron yang menerjang sambungan P-N juga melepaskan energi berupa energi panas dan energi cahaya. LED dibuat agar lebih efisiensi jika mengeluarkan cahaya. LED terdiri dari sebuah chip semikonduktor yang di doping sehigga menciptakan junction P dan N. yang di maksud dengan proses doping dalam semikonduktor adalah proses untuk menambahkan ketidakmurnian (*impurity*) pada semikonduktor sehingga menghasilkan karakteristik kelistrikan yang diinginkan. Untuk mendapakalan emisi cahaya pada semikonduktor, doping yang dipakai adalah

gallium, arsenic dan phosphorus. Jenis doping yang berbeda menghasilkan warna cahaya yang berbeda pula (Kaary, K.Y, 2015).

LED RGB adalah sebuah LED yang dapat mengeluarkan perpaduan warna *red*, *green* dan *blue*. LED ini juga memiliki anoda dan katoda seperti LED lainnya hanya saja terdapat 3 anoda pada LED yang mewakili warnanya. Kontruksi LED-RGB ditunjukkan pada Gambar 5 memiliki jenis *common anode* yang mana terminal anoda dari LED merah, hijau dan biru dihubungkan (Supegina, F., Imam, 2014).

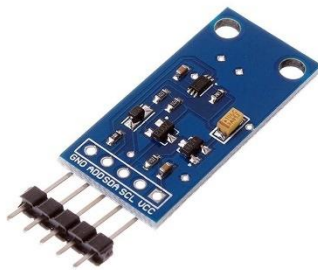


Gambar 5. Konstruksi LED-RGB

E. Sensor Cahaya BH1750

Sensor adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi dan mengetahui magnitude tertentu. Sensor merupakan jenis transduser yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor memegang peranan penting dalam mengendalikan proses berbagai pabrikasi modern dan pengukuran (Petruszella, 2001: 157).

Sensor cahaya adalah alat yang digunakan dalam bidang elektronika yang berfungsi untuk mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Dalam rangkaian ini menggunakan sensor cahaya digital yang memiliki keluaran sinyal digital, sehingga tidak diperlukan perhitungan yang rumit. Sensor intensitas cahaya BH1750 (gambar 2) adalah bagian terpenting dalam rangkaian alat ukur absorbansi cairan ini. Sensor yang digunakan yaitu modul sensor intensitas cahaya digital karena rangkaian ini dirasa lebih akurat dibanding sensor cahaya lainnya seperti fotodiode atau LDR. Sensor ini juga dipilih karena penggunaannya yang lebih mudah dikarenakan sinyal keluarannya sudah berbentuk digital sehingga tidak ada proses tambahan perhitungan atau pengolahan di mikrokontroler. Bentuk fisik dari sensor yang digunakan seperti yang ditunjukkan Gambar 6.



Gambar 6. Sensor cahaya BH1750

Sensor BH1750 ini lebih akurat dan lebih mudah digunakan jika dibandingkan dengan sensor lain seperti photodiode dan LDR yang memiliki keluaran sinyal analog dan memerlukan perhitungan untuk mendapatkan data intensitas cahaya. Modul sensor cahaya digital ini menggunakan IC *light intensity sensor* BH1750I dari ROHM

Semiconductor yang sensitif terhadap intensitas cahaya di sekitarnya (*ambience light*). Modul sensor BH1750 ini memiliki kelebihan dibanding sensor berbasis LDR, antara lain:

- a. Keluaran digital yang dikonversi secara terpadu menggunakan ADC (*Analog-to-Digital Converter*) beresolusi tinggi (16-bit) yang sangat presisi.
- b. Tidak diperlukan kalkulasi secara manual, data yang dihasilkan merupakan tingkat fluks kecerahan dalam satuan *Lux* yang selaras dengan persepsi mata manusia.
- c. Dapat mendeteksi tingkat intensitas yang luas, dari gelap total hingga paparan cahaya matahari langsung.
- d. Antarmuka I2C yang umum didukung oleh mikrokontroler modern.
- e. Memiliki penyaring terhadap derau cahaya (*light noise*) pada frekuensi 50Hz / 60Hz yang dipancarkan peralatan elektronika lainnya
- f. Hampir tidak terpengaruh oleh emisi cahaya inframerah

Ukuran intensitas cahaya dihitung dalam satuan Lux. 1 Lux adalah fluks luminitas yang terukur pada saat suatu objek seluas satu meter persegi terpapar cahaya secara merata. Berikut ini contoh luminous flux pada berbagai kondisi:

- a. Malam hari tanpa cahaya bulan: 0,001 ~ 0,02 Lux
- b. Malam di padang pasir saat bulan purnama: 0,3 Lux
- c. Dalam ruangan tanpa lampu menyala pada sore hari saat cuaca berawan: 5 ~ 50 Lux

- d. Di luar ruangan, cuaca berawan: 50 ~ 500 Lux
- e. Dalam ruangan tanpa lampu menyala pada siang hari saat cuaca cerah: 100 ~ 1000 Lux

Cahaya lampu dari lampu baca di malam hari: 50 ~ 60 Lux g. Kecerahan TV pada moda standar: 1400 Lux.

F. Mikrokontroler Arduino Nano

Mikrokontroler adalah salah satu dari bagian dasar dari suatu sistem computer dimana chip nya berperan sebagai otak dalam pembuatan instrumentasi. Meskipun mempunyai bentuk yang jauh lebih kecil dari suatu komputer pribadi dan komputer *mainframe*, mikrokontroler dibangun dari elemen-elemen dasar yang sama. Secara sederhana, komputer akan menghasilkan *output* spesifik berdasarkan *input* yang diterima dan program yang dikerjakan. Seperti umumnya komputer, mikrokontroler sebagai alat yang mengerjakan perintah-perintah yang diberikan kepadanya. Artinya, bagian terpenting dan utama dari suatu sistem komputerisasi adalah program itu sendiri yang dibuat oleh seorang *programmer*. Program ini memerintahkan komputer untuk melakukan jalinan yang panjang dari aksi-aksi sederhana untuk melakukan tugas yang lebih kompleks yang diinginkan oleh *programmer*. Sistem dengan mikrokontroler umumnya menggunakan piranti *input* yang jauh lebih kecil seperti saklar atau *keypad* kecil. Hampir semua *input* mikrokontroler hanya dapat memproses sinyal *input digital* dengan tegangan yang sama dengan tegangan logika dari sumber. Tegangan positif

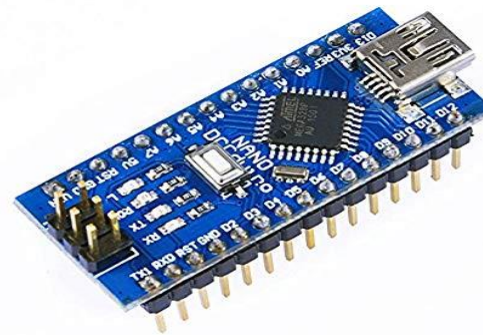
sumber umumnya adalah 5 volt. Padahal dalam dunia nyata terdapat banyak sinyal *analog* atau sinyal dengan tegangan level (Kadir, 2013).

Arduino Nano adalah pengendali mikro *single-board* mikrokontroler berbasis ATMEGA328 (*datasheet*) yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *wiring plat Form*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Arduino ini tidak mempunyai jack power DC dan pemrogramannya menggunakan konektor UB mini. memiliki 14 *Pin input/output* digital (dimana 6 *pin* dapat digunakan sebagai *output PWM*), 8 *input analog* dengan resolusi 1024 bit, 32 kB memori flash 0.5 kB digunakan untuk bootleader, 2 kB SRAM, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, ICSP *header*, dan tombol *reset*. *Pin-pin I/O* juga dapat dikonfigurasi menjadi serial TX/RX, *External Interrupts*, 12C (SDA pin A4 dan SCL pin A5), SPI sesuai dengan fungsinya dalam mikrokontroler ATmega16 atau ATmega328. USB, ICSP *header*, dan tombol *reset* pengendali mikro *single-board Hardware* memiliki prosesor Atmel AVR dan *software* memiliki bahasa pemrograman sendiri (Setiawan, 2011)

Arduino adalah kombinasi perangkat keras dan lunak *opensource* berbasis mikrokontroler sebagai sarana pengembangan elektronika yang *fleksibel* dan mudah digunakan. *Opensource* adalah aplikasi dan hardware bersifat terbuka, sehingga dapat dengan bebas digunakan, menyebarluaskan dan mengembangkan aplikasinya. Arduino ditujukan untuk seniman, desainer, hobis dan siapa saja yang tertarik untuk menciptakan perangkat/produk yang bersifat interaktif. Nama Arduino merujuk pada 3 hal yaitu: Perangkat keras berupa papan pengembangan berbasis mikrokontroler AVR

ATMega. Perangkat lunak sebagai alat bantu pemrograman atau yang sering disebut sebagai IDE (Integrated Development Environment). Dengan menggunakan perangkat lunak Arduino kita dapat menuliskan program disebut (*sketches*), mengecek apakah terdapat kesalahan pemrograman hingga mengisikan program ke mikrokontroler pada papan Arduino. Pada perangkat lunak inilah terjadi proses compiling, yaitu konversi dari program yang kita tulis menjadi kode-kode yang dapat dimengerti oleh mikrokontroler (Okino, 2012).

Arduino berfungsi untuk memudahkan pengguna elektronik dalam berbagai bidang yang memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarenya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Bahasa pemrograman arduino diterapkan juga pada mikrokontroler. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan syntax dengan bahasa pemrograman C. Bentuk fisik dari mikrokontroler Arduino ini dapat dilihat seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Arduino Nano

Pada Gambar 7 mikrokontroler arduino Nano ini memiliki 14 digital *input / output* pin, 6 *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik, tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya. Untuk spesifikasi dari Arduino Nano ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Spesifikasi *board* Arduino Nano

No	Karakteristik	Keterangan
1	Mikrokontroler	ATMega328
2	Operasi Voltage	5 V
3	TInpu Voltage	7-12 V (rekomendasi)
4	<i>Pin</i> I/O	14 <i>pin</i> (6 pin PWM)
5	Arus DC per pin I/O	50 Ma
6	<i>Flash Memory</i>	32 kB
7	<i>Bootloader</i>	SRAM 2 kB
8	EEPROM	1 Kb
9	Kecepatan	16 MHz

Pemograman board Arduino Nano dilakukan dengan menggunakan Arduino Software (IDE) dengan cukup menghubungkan Arduino dengan kabel USB ke PC/laptop. Arduino ini dapat di-install diberbagai operating system (OS) seperti: LINUX, Mac OS, Windows Software IDE Arduino terdiri dari tiga bagian:

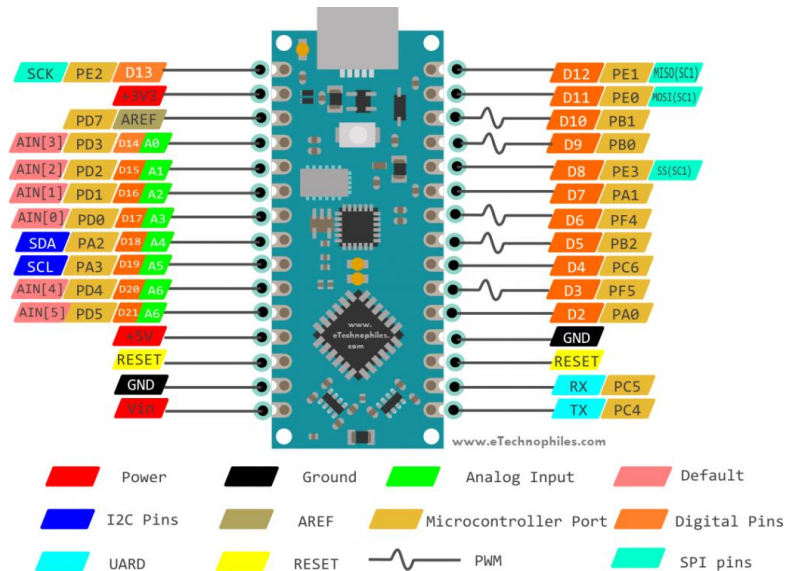
- a. Editor program, untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa processing.

Listing program pada arduino disebut *sketch*.

- b. *Compiler*, modul yang berfungsi mengubah bahasa processing (kode program) kedalam kode biner karena kode biner adalah satu-satunya bahasa program yang dipahami oleh mikrokontroller.

- c. *Uploader*, modul yang berfungsi memasukkan kode biner kedalam memori mikrokontroller. Struktur perintah pada arduino secara garis besar terdiri dari 2 (dua) bagian yaitu *void setup* dan *void loop*. *Void setup* berisi perintah yang akan dieksekusi hanya satu kali sejak arduino dihidupkan sedangkan *void loop* berisi perintah yang akan dieksekusi berulang-ulang selama arduino dinyalakan.

Arduino merupakan *open-source prototyping platform* yang dibuat agar mudah digunakan baik perangkat keras maupun perangkat lunaknya. Arduino memiliki banyak varian diantaranya Arduino Uno, Arduino Pro Mini, Arduino Micro, dan lain-lain. Arduino Uno merupakan sebuah *board* minimum sistem mikrokontroler yang bersifat *open source*. Di dalam rangkaian *board* Arduino terdapat mikrokontroler AVR seri ATmega 328 yang merupakan produk dari Atmel. Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding *board* mikrokontroler yang lain selain bersifat *open source*, Arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu di dalam *board* Arduino sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika memprogram mikrokontroller di dalam Arduino (Djuandi, 2011). Bentuk fisik dari Arduino uno yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Bentuk Fisik Arduino nano

Pada Gambar 8 Arduino Uno terdiri dari banyak bagian-bagian. Arduino dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Arduino bukan sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi merupakan kombinasi antara *hardware*, Bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler. Selain itu, beberapa *pin* mempunyai pada Arduino memiliki fungsi-fungsi spesial yaitu:

- Serial: 0 (RX) dan 1 (TX) digunakan untuk menerima (RX) dan memancarkan (TX) serial data TTL (*Transistor-Transistor Logic*). Kedua pin ini dihubungkan ke pin-pin yang sesuai dari *chip serial* Atmega8U2 USB-ke-TTL.
- External Interrupts*: 2 dan 3 pin-pin ini dapat dikonfigurasi untuk dipicu sebuah *interrupt* (gangguan) pada sebuah nilai rendah, suatu kenaikan atau

penurunan yang besar, atau suatu perubahan nilai. Lihat fungsi *attach Interrupt* untuk lebih jelasnya.

- c. PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11 memberikan 8-bit PWM output dengan fungsi *analog Write()*.
- d. SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK), pin-pin ini mensupport komunikasi SPI menggunakan *SPI library*.
- e. LED: 13, sebuah LED yang terpasang, terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai *HIGH* LED menyala, ketika pin bernilai *LOW* LED mati. Arduino UNO mempunyai 6 input analog, diberi label A0 sampai A5, setiapnya memberikan 10 bit resolusi (contohnya 1024 nilai yang berbeda). Secara default, 6 input analog tersebut mengukur dari ground sampai tegangan 5 Volt, dengan itu mungkin untuk mengganti batas atas dari rangenya dengan menggunakan pin AREF dan fungsi *analog Reference()*.
- f. TWI: pin A4 atau SDA dan pin A5 atau SCL. Mensupport komunikasi TWI dengan menggunakan *Wire library*. Ada sepasang pin lainnya pada board: AREF, referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan *analog Reference()*. *Reset*, membawa saluran ini *LOW* untuk mereset mikrokontroler. Secara khusus, digunakan untuk menambahkan sebuah tombol *reset* untuk melindungi yang memblock sesuatu pada board.

G. Arduino IDE

Arduino IDE adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat program yang akan ditanamkan pada Arduino Nano. Penanaman program ini dilakukan agar Arduino Nano bisa mengontrol jalannya sebuah alat baik membaca data yang diterima dari sensor maupun mengontrol semua sistem pada alat tersebut. Langkah pertama penggunaan Arduino IDE ini adalah dengan melakukan instalasi terlebih dahulu. Bahasa pemrograman yang digunakan Arduino IDE adalah bahasa C++. Arduino menggunakan *Software Processing* yang digunakan untuk menulis program ke dalam Arduino. Bentuk tampilan awal *software* Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan Awal Arduino IDE (Djuandi, 2011)

Processing merupakan penggabungan antara bahasa C++ dan Java. *Software* Arduino ini dapat diinstall di berbagai *operating system* (OS) seperti : LINUX, Mac OS, Windows. *Software* IDE Arduino terdiri dari 3 (tiga) bagian :

- a. Editor program, untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*. *Listing* program pada Arduino disebut *sketch*.
- b. *Compiler*, modul yang berfungsi mengubah bahasa *processing* (kode program) kedalam kode biner karena kode biner adalah satu-satunya bahasa program yang dipahami oleh mikrokontroller.
- c. *Uploader*, modul yang berfungsi memasukkan kode biner ke dalam memori mikrokontroller.
- d. Struktur perintah arduino secara garis besar terdiri dari 2 (dua) bagian yaitu *void setup* dan *void loop*. *Void setup* berisi perintah yang akan dieksekusi hanya satu kali sejak arduino dihidupkan sedangkan *void loop* berisi perintah yang akan dieksekusi berulang-ulang selama arduino dinyalakan. Gambar 9 merupakan tampilan awal dari Arduino IDE.

Dengan menggunakan *tools* yang ada pada Arduino IDE akan dibuat sebuah program yang akan dimasukkan ke dalam arduino uno untuk pembuatan *Sonoreactor* berbasis arduino uno. Berdasarkan program ini alat akan mengontrol waktu dan frekuensi dan menampilkan hasil sesuai rancangan yang telah dibuat.

H. *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD merupakan suatu perangkat elektronika yang telah terkonfigurasi dengan kristal cair dalam gelas plastik atau kaca sehingga mampu memberikan tampilan berupa titik, garis, simbol, huruf, angka maupun gambar. LCD terbagi menjadi dua macam berdasarkan bentuk tampilannya, yaitu *Text-LCD* dan *Graphic-LCD*. Bentuk

tampilan *Text-LCD* berupa huruf atau angka, sedangkan bentuk tampilan pada *Graphic-LCD* berupa titik, garis dan gambar (Didin, 2006).

LCD memberikan beberapa keuntungan dibandingkan dengan perangkat lain untuk menampilkan sebuah data, antara lain hemat energi, ringan dan proses perancangan yang relatif lebih mudah dan mampu menampilkan karakter sesuai yang diinginkan. LCD yang tersedia saat ini ini terdiri atas LCD grafik dan LCD teks. LCD grafik mampu menampilkan data dalam bentuk *image*, sedangkan LCD teks akan menampilkan karakter. LCD teks yang umum digunakan adalah 2 x 16 (2 karakter baris x 16 karakter kolom), 2 x 20 dan 4 x 20. Bentuk fisik dari LCD 20 x 4 dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Bentuk fisik LCD 20x4

Gambar 10. merupakan bentuk fisik dan rangkaian dari LCD 20x4 dihubungkan ke I2C. Operasi dasar LCD 20x4 terdiri dari empat kondisi, yaitu intruksi untuk akses proses *internal*, intruksi untuk menulis data, intruksi untuk membaca kondisi sibuk dan intruksi untuk membaca data. Gabungan intruksi dasar inilah yang bisa dimanfaatkan untuk mengirim data ke LCD 20x4. Ketika sistem mulai diaktifkan arduino akan melakukan inisialisasi. Selama inisialisasi ini akan ditampilkan pesan-pesan yang

berhubungan dengan proses tersebut. LCD menampilkan kata-kata pembuka dan menunggu user mengaktifkan menu utama.

Untuk mengurangi penggunaan *input* atau *output* pada Arduino maka digunakan I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*). I2C merupakan modul yang menjembatani LCD dengan Arduino Uno. Dari 16 pin LCD yang harus dihubungkan ke I/O Arduino, hanya 4 pin I2C saja yang digunakan yaitu pin 5V, GND, SCL dan SDA. Gambar 11 menampilkan bentuk modul dari I2C.



Gambar 11. Bentuk modul I2C

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data serta pembahasan terhadap Alat *Spectrometer* dikemukakan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Hasil spesifikasi performansi alat dapat dikatakan baik, dikarenakan alat telah mampu menunjukkan kestabilan antara alat standar dan alat yang dibuat dengan nilai pengukuran serta setiap komponen pendukung sistem telah bekerja sesuai fungsinya masing-masing.
2. Hasil spesifikasi desain alat *Spectrometer* yaitu ketepatan dan ketelitian pengukuran timer dari alat. Nilai ketepatan dan ketelitian tiap gelombang yang didapat cukup baik yaitu 0,995.
3. Hasil ketepatan sampel *Congo Red* didapatkan dengan variasi konsentrasi 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm, dan 60 ppm secara berurutan adalah 0,94 (5,2%); 0,95 (4,58%); 0,97 (1,72%); 0,96 (4,2%); dan 0,97 (2,4%). Dari kelima konsentrasi yang telah di ukur dan dihitung maka ketepatan alat secara keseluruhan adalah 3,62% atau 0,96.
4. ketelitian alat dalam kondisi yang bagus yaitu berkisar antara 0,88 hingga 0,99 yang artinya hampir mendekati 1. Dengan menggunakan Persamaan (11) sebagai acuan menghitung tingkat ketelitian maka didapat hasil ketelitian alat yaitu 96% dengan kesalahan relatif 0,037.

B. Saran

Berdasarkan hasil yang telah dicapai dan kendala yang ditemukan dalam penelitian sebagai saran untuk tindak lanjut dan pengembangan dalam penelitian ini yaitu Alat *Spectrometer* dapat dikembangkan dengan menambah variasi tampilan dalam bentuk persen transmittan atau mempelebar panjang gelombang.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakri, Ilham. (2010). *Spesifikasi awal produk*. <http://www.scribd.com/>. Diakses 24 januari 2020.
- Basset, J. (1994). *Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: EGC.
- Chang, Raymond. 2004. *Kimia Dasar: Konsep-konsep Inti. Ed. ke-3* (diterjemahkan oleh M Abdulkadir M, dkk) . Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Cooper, W, D. (1999). *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*. Erlangga.
- Dachriyanus. (2004), *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi Cetakan I*. Padang: Andalas University Press.
- Day, R.A. & Underwood, A.L. (1999). *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi 6* (diterjemahkan oleh Dr. Ir. Iis Sopyan, M. Eng.) Jakarta: Erlangga.
- Didin, Whyudi. 2006. *Belajar mudah Mikrokontroler AT89s52 dengan Bahasa BASIC Menggunakan BASCOM-8051*. Yogyakarta: Andi.
- Gonzaga, F.B.; Pasquini, C. *A low cost short wave near infrared spectrophotometer: Application for determination of quality parameters of diesel fuel*. Anal. Chim. Acta 2010, 670, 92–97.
- Halliday, David dan Robert Resnick. (2011). *Fundamentals of Physics 9th edition*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Hardie, K.; Agne, S.; Kuntz, K.B.; Jennewein, T. *Inexpensive LED-based spectrophotometer for analyzing optical coatings*. Instrum. Detect. 2016, 1–19.
- Harvey, David. (2000). *Modern analytical chemistry*. The McGraw-hill, Inc.
- Herlina, R., Melati, M., dan Sudding. 2010. *Studi Adsorpsi Dedek Padi terhadap Zat Warna Congo Red di Kabupaten Wajo*. Jurnal Chemica. 8(1): 16-25.
- Kaary, Karel Yakob. (2015). *Pengaturan Warna lewat Remote Kontrol Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535*. 1.1 (2015): 7–13.
- Khopkar, S.M. (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Kuroda, Takao. (2015). *Essentials Principles of Image Sensor*. London : Taylor & Francis Group, LLC.

- Lufri. (2007). *Kiat Memahami Metodologi dan Melakukan Penelitian*. UNP Press.
- Marham, Sitorus.(2013).*SPEKTROSKOPI, Eulidasi Struktur Molekul Organik* Edisi Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Muhammadi. (2011). *Penelitian Rekayasa*. Informatika.
- Muller, Michael. (2001). *Fundamental of Quantum Chemistry*. New York :Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Nakamura, Junichi. (2005). Image Sensors dan Signal Processing for Digital Still Cameras. London : Taylor & Francis Group, LLC.
- O'Neil, M. J. (2001). *The Merck Index 13th edition*. Merck & Co. Inc.
- Owen, Tony. (1996). *Fundamental of Uv-Visible Spectroscopy*. Germany: HewlettPackard Company
- Petruszella, frank D. (2001). *Industrian Electronics* (diterjemahkan oleh Sumanto. Yogyakarta : Andi.
- Safni, Sari, F., Maizatissa, & Zulfarman. (2007). Degradasi Zat Warna Methanil Yellow Secara Sonolisis Dan Fotolisis Dengan. *Indonesian Journal of Materials Science*, 11(10), 47–51.
- Solomon, C. danBreckon, T. (2001). *Fundamentals of Digital Image Processing*. Chichester: John Willey & Sons.
- Suhartati, Tati. (2017). *Dasar-dasar spektrofotometri UV-VIS dan spektrometri massa untuk penentuan struktur senyawa organik/ Tati Suhartati*. Bandar lampung : Aura.
- Supegina, Fina. 2014. *Perancangan Robot Pencapit Untuk Penyortir Barang Berdasar Warna LED RGB Dengan Display LCD Berbasis Arduino Uno*. Tugas Akhir S1 Teknik Elektro (tidak diterbitkan). Jakarta : Universitas Mercu Buana
- Suryabrata, Sumadi. 2006. *Metodologi Penelitian*. Jakarta : PT Raja Grafindo Persada
- Tapalad, T., Neramittagapong, A., & Neramittagapong, S. (2008). *Degradation of Congo Red Dye by Ozonation*. 35(1), 63–68.
- Umar, F. (1994). *Metodologi Penelitian untuk Insinyur*. Institus Teknologi Bandung.

- Widjanarko, Pamela Iryanti. Widiyantoro. Soctaredjo, Lydia Felicia E dan Ismadji, Suryadi. 2006. *Kinetika Adsorpsi Zat Warna Congo Red dan Rhodain B dengan Menggunakan Serabut Kelapa dan Ampas Tebu*. Jurnal Teknik Kiia Indonesia. Vol.5 No.3.
- Worsfold, P.; Zagatto, E. *Spectrophotometry—Overview*. In *Encyclopedia of Analytical Science*, 3rd ed.; Worsfold, P., Poole, C., Townshend, A., Miró, M., Eds.; Academic Press: Oxford, UK, 2019; pp. 244–248.
- Yeh, T.S.; Tseng, S.S. *A Low Cost LED Based Spectrometer*. J. Chin. Chem. Soc. 2013, 53, 1067–1072.
- Yohandri. (2013). *Mikrokontroler dan Antar Muka*. Universitas Negeri Padang.
- Zhang, X.; Fang, Y.; Zhao, Y. *A Portable Spectrophotometer for Water Quality Analysis*. Sens. Transducers 2013, 148, 47–51