

**RANCANG BANGUN SISTEM *TIMER* DAN DAYA *PHOTO*
REACTOR UNTUK APLIKASI DEGRADASI LIMBAH
ORGANIK CAIR BERBASIS ARDUINO**



**REGGY TRIANA
NIM. 16034066/2016**

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

2021

**RANCANG BANGUN SISTEM *TIMER* DAN *DAYA PHOTO*
REACTOR UNTUK APLIKASI DEGRADASI LIMBAH
ORGANIK CAIR BERBASIS ARDUINO**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains



**REGGY TRIANA
NIM. 16034066/2016**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

PERSETUJUAN SKRIPSI

RANCANG BANGUN SISTEM *TIMER* DAN DAYA *PHOTO REACTOR* UNTUK APLIKASI DEGRADASI LIMBAH ORGANIK CAIR BERBASIS ARDUINO

Nama : Reggy Triana
NIM : 16034066
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

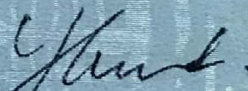
Padang, Februari 2021

Mengetahui:
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Ratnawulan, M.Si
NIP. 19690120 199303 2 002

Disetujui Oleh:
Pembimbing



Yohandri, M.Si, Ph.D
NIP. 19780725 200604 1 003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Reggy Triana
NIM : 16034066
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

RANCANG BANGUN SISTEM *TIMER* DAN *DAYA PHOTO REACTOR* UNTUK APLIKASI DEGRADASI LIMBAH ORGANIK CAIR BERBASIS ARDUINO

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

Padang, Februari 2021

Tim Penguji

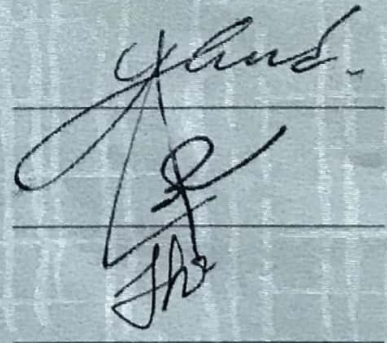
Tanda tangan

Nama

Ketua : Yohandri, M.Si, Ph.D

Anggota : Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si

Anggota : Hary Sanjaya, M.Si



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul “Rancang Bangun Sistem *Timer* Dan Daya *Photo Reactor* Untuk Aplikasi Degradasi Limbah Organik Cair Berbasis Arduino”, adalah asli karya sendiri.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan 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 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, Februari 2021

Yang membuat pernyataan


Reggy Triana
16034066

Rancang Bangun Sistem *Timer* Dan Daya *Photo Reactor* Untuk Aplikasi Degradasi Limbah Organik Cair Berbasis Arduino

Reggy Triana

ABSTRAK

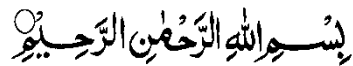
Telah dirancang Sistem *Timer* Dan Daya *Photo Reactor* untuk aplikasi degradasi limbah cair organik. *Photo reactor* dirancang dengan 4 variasi daya lampu UV dan *timer* otomatis. Motor *stepper* dipakai menggerakkan lampu UV agar bisa dipilih sesuai dengan yang dibutuhkan. Untuk mengatur *timer* dari alat tersebut digunakan Arduino Uno.

Penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian rekayasa. Pada penelitian ini dijelaskan spesifikasi performansi, spesifikasi desain Alat *Photo Reactor*. Spesifikasi performansi menjelaskan kinerja atau fungsi dari setiap sistem pembangun alat, spesifikasi desain menjelaskan ketepatan dan ketelitian dari alat. Teknik pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran langsung dilakukan dengan membandingkan data menggunakan alat ukur standar dan alat *Photo Reactor*. Pengukuran tidak langsung yakni menganalisis ketepatan dan ketelitian dari *timer*. Pengujian terhadap efektifitas alat *Photo Reactor* dalam mendegradasi limbah cair dilakukan dengan menggunakan zat warna *Congo Red* sebagai bahan uji.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan ketepatan pengukuran dari timer yang cukup baik yaitu memiliki nilai ketepatan 0,995 dengan persentase kesalahan rata-rata 0,48%. Ketelitian pengukuran dari *timer* juga cukup baik yaitu memiliki nilai ketelitian 0,995 dengan persentase kesalahan rata-rata sebesar 0,55%. Dari hasil penelitian juga didapatkan persentase degradasi *Congo Red* pada waktu 90 menit sebesar 83,24% serta didapatkan nilai persentase degradasi selama 30 menit menggunakan daya lampu UV 20 watt sebesar 81,65%. Dengan demikian, Alat *Photo Reactor* Berbasis Arduino dapat bekerja dengan baik.

Kata kunci : *Photo Reactor*, degradasi, lampu UV

KATA PENGANTAR



Puji serta syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat Penulis selesaikan. Shalawat beserta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW. Judul dari penelitian ini adalah “**Rancang Bangun Sistem *Timer* Dan Daya *Photo Reactor* Untuk Aplikasi Degradasi Limbah Organik Cair Berbasis Arduino**”. Penelitian ini diselesaikan atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini Peneliti mengucapkan terima kasih atas segala bantuan yang telah diberikan kepada Peneliti, terutama kepada:

1. Bapak Yohandri, M.Si, Ph.D sebagai Pembimbing atas segala bantuannya yang tulus ikhlas memberikan arahan, bimbingan, dan saran dalam penyelesaian skripsi ini
2. Bapak Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si, dan Bapak Hary Sanjaya, M.Si sebagai Penguji skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritikan, dan pandangan kepada Peneliti untuk menyempurnakan skripsi ini
3. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si sebagai Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
4. Ibu Syafriani, M. Si, Ph. D sebagai Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

6. Staf administrasi dan Laboran di Laboratorium Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
7. Orang Tua dan seluruh keluarga tercinta atas doa serta dukungannya baik secara materil maupun spiritual
8. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP khususnya angkatan 2016 yang telah membantu berjuang hingga akhir

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berjasa dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Kritik dan saran yang bersifat membangun selalu diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat berguna sebagaimana mestinya.

Padang, Februari 2021

Reggy Triana

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II KERANGKA TEORITIS	5
A. Fotokatalisis.....	5
B. <i>Congo Red</i>	8
C. Spektrofotometer UV-Vis.....	8
D. Komponen Elektronika Pendukung Instrumen.....	9
BAB III METODE PENELITIAN	22
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
B. Alat dan Bahan	22
C. Jenis Penelitian	22
D. Data dan Variabel Penelitian	23

E. Prosedur Penelitian	24
F. Teknik Pengumpulan Data	30
G. Teknik Analisis Data	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
A. Hasil Penelitian.....	33
B. Pembahasan	43
BAB V PENUTUP.....	46
A. Kesimpulan.....	46
B. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Spesifikasi Board Arduino Uno	11
Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Ketepatan	36
Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Ketepatan	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Skema proses fotokatalis.....	5
Gambar 2. Mikrokontroler Arduino Uno.....	10
Gambar 3. Tampilan Awal Arduino IDE.....	12
Gambar 4. Bentuk Fisik Motor Stepper.....	13
Gambar 5. Bentuk Pulsa pada motor stepper.....	14
Gambar 6. <i>Driver</i> Motor A4988.....	15
Gambar 7. LCD 4x20.....	16
Gambar 8. <i>Module</i> I2C.....	16
Gambar 9. Keypad 4x4.....	17
Gambar 10. Modul relay 4 channel.....	19
Gambar 11. Sensor TCRT500.....	20
Gambar 12. Power Supply Switching.....	20
Gambar 13. Prosedur penelitian.....	24
Gambar 14. Blok Diagram Sistem.....	26
Gambar 15. Rancangan Mekanik.....	27
Gambar 16. . Rancangan Elektronik.....	28
Gambar 17. Rancangan <i>Software</i>	29
Gambar 18. Alat <i>Photo Reactor</i> Berbasis Arduino.....	33
Gambar 19. Box komponen.....	34
Gambar 20. Tampilan LCD.....	34
Gambar 21. Bagian Pintu.....	35
Gambar 22. Pengaruh Waktu terhadap Degradasi Zat warna Congo Red.....	39
Gambar 23. Larutan Congo Red Sebelum di Degradasi.....	40
Gambar 24. Larutan Congo Red Setelah Didegradasi dengan variasi waktu.....	40

Gambar 25. Pengaruh Daya Lampu UV terhadap Degradasi <i>Congo Red</i>	41
Gambar 26. Larutan Congo Red setelah di degradasi dengan variasi daya lampu	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Data Nilai Asorbansi <i>Congo Red</i> variasi waktu	49
Lampiran 2. Data Nilai Absorbansi <i>Congo Red</i> variasi daya lampu	49
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian.....	49
Lampiran 4. Program Alat	51

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Limbah adalah bahan sisa dari suatu usaha maupun kegiatan yang fungsinya sudah berubah dari aslinya serta mengandung bahan berbahaya atau beracun yang dapat membahayakan lingkungan dan kelangsungan hidup manusia (Mahida, 1984). Bahan yang sering ditemukan dalam limbah adalah bahan berbahaya, yang kehadirannya dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, seperti senyawa organik yang dapat terbiodegradasi, senyawa organik yang mudah menguap, senyawa organik yang sulit terurai, logam berat yang toksik, padatan tersuspensi, nutrien, mikrobia patogen, dan parasit (Waluyo, 2010). Berdasarkan hal ini diperlukan penindak lanjutan untuk pengolahan limbah tersebut agar tidak terlalu bahaya. Salah satu metode potensial yang dapat menjawab permasalahan tersebut adalah dengan proses oksidasi lanjut (AOPs: *Advanced Oxydation Process*) seperti fotokatalisis (Safni et al., 2007).

Fotokatalisis adalah suatu proses degradasi zat yang dibantu oleh adanya cahaya dan material katalis. Pengolahan limbah menggunakan metode ini ramah lingkungan karena senyawa organik yang berbahaya akan diubah menjadi senyawa yang tidak berbahaya atau benar-benar termineralisasi menjadi CO₂ dan H₂O (Harnum & Sanjaya, 2013)

Metode fotokatalisis menggunakan katalis untuk menghilangkan/mendegradasi limbah lebih cepat. Katalis yang digunakan berupa semikonduktor ZnO. ZnO dipilih sebagai katalis karena memiliki kemampuan menyerap

spektrum cahaya yang baik. (Kasuma, 2012). Ketika material fotolisis disinari cahaya, material tersebut menyerap energi foton dan menyebabkan berbagai reaksi kimia. Untuk itu dibutuhkan *photo reactor* menggunakan sinar *UV* sebagai sumber energi foton.

Pada Laboratorium Kimia UNP alat *photo reactor* yang telah ada dibuat secara manual yaitu dengan menggunakan sebuah kotak yang di dalamnya dipasang lampu *UV*. Jika ingin menggunakan lampu *UV* dengan daya yang berbeda maka dilakukan penggantian lampu secara manual. Selain itu, untuk lama waktu degradasi zat juga dilakukan pengecekan secara manual.

Alat *photo reactor* akan dirancang menggunakan motor *stepper* yang secara otomatis akan menggerakkan lampu *UV* agar bisa dipilih sesuai dengan yang dibutuhkan. Keuntungan menggunakan motor *stepper* adalah sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa input sehingga lebih mudah diatur, motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak, posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi, serta memiliki respon yang sangat baik terhadap start, stop dan berbalik perputaran (Suryati et al., 2019)

Pada proses fotokatalis, lama waktu penyinaran sangat berpengaruh terhadap degradasi limbah yang dihasilkan, jadi perlu diperhatikan pengontrolan timer agar mudah untuk mengetahui lamanya waktu degradasi limbah yang akan dilakukan. Untuk mengatur timer dari alat tersebut digunakan Arduino Uno.

Arduino Uno merupakan rangkaian yang dikembangkan dari mikrokontroler berbasis Atmega328. Kelebihan Arduino Uno adalah tidak diperlukan perangkat *chip programmer* karena didalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer, Arduino Uno juga sudah

mempunyai sarana komunikasi USB sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki *port serial*/RS323 bisa menggunakannya. Bahasa pemrogramannya pun relatif mudah karena *software* Arduino Uno dilengkapi dengan beberapa *library* yang cukup lengkap, dan Arduino Uno memiliki modul siap pakai yang bisa langsung ditancapkan pada *board* Arduino Uno (Silvia et al., 2014).

Berdasarkan penjelasan yang sudah diuraikan, maka telah dibuat suatu alat untuk mendegradasi limbah cair dengan metode fotokatalisis dengan judul penelitian yakni “Rancang Bangun Sistem Timer Dan Daya *Photo Reactor* Untuk Aplikasi Degradasi Limbah Organik Cair Berbasis Arduino”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di paparkan, maka dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana spesifikasai performansi dari Alat *Photo Reactor* Berbasis Arduino?
2. Bagaimana spesifikasi desain dari Alat *Photo Reactor* Berbasis Arduino?
3. Bagaimana hasil degradasi *Congo Red* menggunakan Alat *Photo Reactor* Berbasis Arduino?

C. Batasan Masalah

Agar hasil yang diperoleh dalam penelitian ini sesuai dengan tujuan pembuatan, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Bahan uji yang digunakan adalah *Congo Red*
2. Lampu UV yang digunakan yaitu dengan daya 8 watt, 10 watt, 15 watt, dan 20 watt.
3. Lama penyinaran yang diberikan pada bahan sebanyak 6 variasi waktu

D. Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan merancang alat *Photo Reactor* untuk Degradasi Limbah Cair Berbasis Arduino. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menentukan spesifikasi performansi dari alat *Photo Reactor* untuk Degradasi Limbah Cair Berbasis Arduino.
2. Menentukan spesifikasi desain dari *Photo Reactor* untuk Degradasi Limbah Cair Berbasis Arduino.
3. Menentukan hasil degradasi *Congo Red* menggunakan Alat *Photo Reactor* Berbasis Arduino

E. Manfaat Penelitian

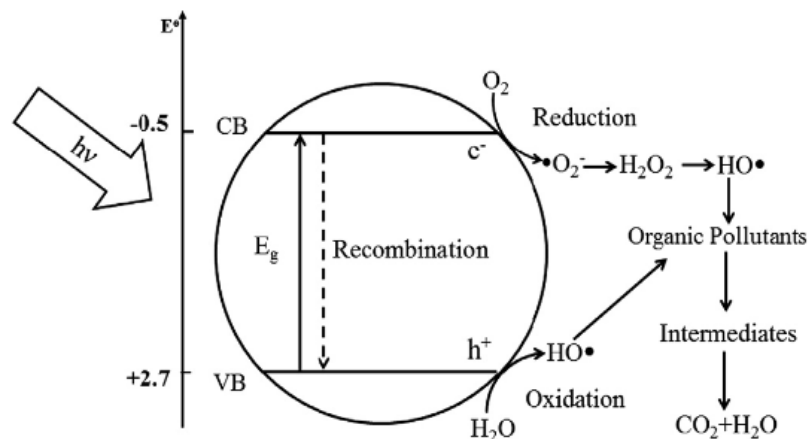
Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat pada:

1. Pengguna alat, dapat digunakan untuk penelitian yang berkaitan dengan degradasi limbah cair yang menggunakan metode fotokatalisis.
2. Bidang Kajian Elektronika dan Intrumentasi, berguna untuk pengembangan Instrumentasi berbasis Elektronika.
3. Pembaca, menambah wawasan dan pengetahuan tentang alat *Photo Reactor* untuk Degradasi Limbah Cair Berbasis Arduino.

BAB II KERANGKA TEORITIS

A. Fotokatalisis

Fotokatalisis adalah suatu proses degradasi zat yang dibantu oleh adanya cahaya dan material katalis. Fotokatalis memanfaatkan cahaya untuk mengaktifkan katalis yang kemudian bereaksi dengan senyawa kimia yang berada di dekat ataupun di permukaan katalis. Material fotokatalis akan menghasilkan pasangan elektron di pita konduksi (e^-) dan hole di pita valensi (h^+). Kedua pembawa muatan tersebut akan mengalami reaksi reduksi oksidasi (redoks) dan menghasilkan spesies aktif reaktif seperti radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$), radikal superoksida ($\cdot\text{O}_2^-$). Keduanya akan bereaksi dengan sebagian besar senyawa organik yang berbahaya dan mengubahnya menjadi senyawa yang tidak berbahaya atau benar-benar termineralisasi menjadi CO_2 dan H_2O (Sutanto & Wibowo, 2015). Skema proses fotokatalis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema proses fotokatalis (Sutanto & Wibowo, 2015).

Proses fotokatalis terjadi ketika foton dengan energi $h\nu$ yang sama atau melebihi jumlah energi pada celah pita yang dimiliki oleh material katalis tersebut, maka elektron (e^-) dari pita valensi akan tereksitasi ke pita konduksi meninggalkan holepositif (h^+) sehingga menghasilkan pasangan elektron-hole.

Sebagian besar pasangan elektron-hole akan berekombinasi kembali. Namun sebagian yang lain dari pasangan elektron-hole dapat bertahan sampai di permukaan semikonduktor dan mengalami reaksi redoks terhadap molekul yang teradsorpsi pada permukaan fotokatalis. Pada akhirnya hole dapat menginisiasi reaksi oksidasi dan di lain pihak elektron akan menginisiasi reaksi reduksi zat kimia yang ada disekitar permukaan semikonduktor

Reaksi oksidasi akan berlangsung saat elektron yang tereksitasi berdifusi ke permukaan katalis. Khususnya, (h^+) dapat bereaksi dengan permukaan H_2O atau OH^- untuk menghasilkan radikal hidroksil ($*OH$) dan reduksi terjadi saat (e^-) bereaksi dengan oksigen (O_2) untuk menghasilkan anion radikal superoksida ($*O_2^-$). Radikal hidroksil tersebut memiliki sifat oksidator kuat dan memiliki potensial redoks yang cukup besar yaitu sebesar 2,8 V. Potensial yang dimiliki radikal hidroksil ini cukup kuat untuk mengoksidasi sebagian besar zat organik menjadi air, asam hidroksil dan karbon dioksida. (Sutanto & Wibowo, 2015)

Metode fotokatalisis memerlukan bantuan cahaya dan katalis. Sumber cahaya yang digunakan pada metode fotokatalisis bisa berasal dari matahari atau lampu UV. Berdasarkan kandungan energi kimianya, radiasi UV mempunyai kemampuan untuk menimbulkan kerusakan langsung pada molekul penting senyawa yang menyerapnya dan menghancurkan polutan di dalam air. Pada dasarnya, tingkat kerusakan pada paparan radiasi UV tergantung dari kuantitas

dan jenis radiasi yang dipaparkan. Dimana semakin pendek panjang gelombang radiasi maka energi yang dihasilkannya semakin besar yang berarti tingkat kerusakannya juga tinggi.(Yulianto et al., 2010)

Berdasarkan panjang gelombangnya, radiasi UV matahari terbagi atas UV-A (0,32 - 0,4 mikron) merupakan panjang gelombang panjang dan memancarkan radiasi yang besarnya konstan sepanjang tahun. Radiasi ini dapat menyebabkan penuaan dini pada kulit. UV-B (0,28 - 0,32 mikron) merupakan panjang gelombang pendek dan lebih intens dibanding UV-A . UV-B lebih kuat terabsorpsi oleh beberapa polutan dan bimolekul. UV-C (0,2 - 0,28 mikron) merupakan radiasi UV yang paling intensif dan berbahaya serta berpotensi untuk menimbulkan kerusakan pada organisme. (Yulianto et al., 2010)

Selain cahaya fotokatalisis juga dibantu oleh katalis. Katalis ditemukan oleh J.J. Berzelius pada tahun 1836 sebagai komponen yang dapat meningkatkan laju reaksi kimia, namun tidak ikut bereaksi. Definisi katalisator adalah suatu substansi yang dapat meningkatkan kecepatan, sehingga reaksi kimia dapat mencapai kesetimbangan tanpa terlibat di dalam reaksi secara permanen. Namun pada akhir reaksi katalis tidak bergabung dengan senyawa produk reaksi. Entalpi reaksi dan faktor-faktor termodinamika lainnya merupakan fungsi sifat dasar dari reaktan dan produk, sehingga tidak dapat diubah dengan katalis. Adanya katalis dapat mempengaruhi faktor-faktor kinetika suatu reaksi seperti laju reaksi, energi aktivasi, sifat dasar keadaan transisi dan lain-lain (Widyawati, 2007).

Pada proses ini digunakan katalis yang menyerap foton, dan umumnya dimiliki oleh bahan semikonduktor. Hal ini dikarenakan jika menggunakan material konduktif seperti metal maka pembawa muatan yang dihasilkan mudah

berekombinasi. Namun untuk material semikonduktor, sebagian dari pasangan elektron-hole yang tereksitasi akan berdifusi dan terjebak di permukaan partikel katalis yang selanjutnya mengalami reaksi kimia dengan donor absorber (D) atau molekul akseptor (A) (Sutanto & Wibowo, 2015).

B. 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 (Tapalad et al., 2008).

C. Spektrofotometer UV-Vis

Analisis dengan Spektrofotometri UV-Vis didasarkan pada interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan molekul atau zat yang dianalisis. Spektrofotometri UV-Vis adalah suatu teknik analisis spektroskopi yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan memakai instrument Spektrofotometer UV-Vis.

Spektrofotometer terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi. Spektrofotometer tersusun atas sumber spektrum yang kontinyu, monokromator, sel pengabsorpsi untuk larutan sampel atau blanko dan suatu alat

untuk mengukur perbedaan absorpsi antara sampel dan blanko ataupun pembanding (Khopkar, 2003).

Pengukuran dengan Spektrofotometri UV-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometri UV-Vis lebih banyak digunakan untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif. Metoda ini sangat sensitif dan dengan demikian sangat cocok untuk tujuan analisis. Spektrofotometri UV-Vis sangat kuantitatif dan jumlah sinar yang diserap oleh sampel dikemukakan dalam hukum *Lambert-Beer* yang dapat dilihat pada Persamaan (1).

$$A = \epsilon b c \quad (1)$$

Dengan A merupakan absorbansi, ϵ adalah absorptivitas molar (dalam $\text{L mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$), c adalah Konsentrasi molar (mol L^{-1}), dan b adalah panjang/ketebalan dari bahan/medium yang dilintasi oleh cahaya (cm) (Day & Underwood, 1972).

D. Komponen Elektronika Pendukung Instrumen

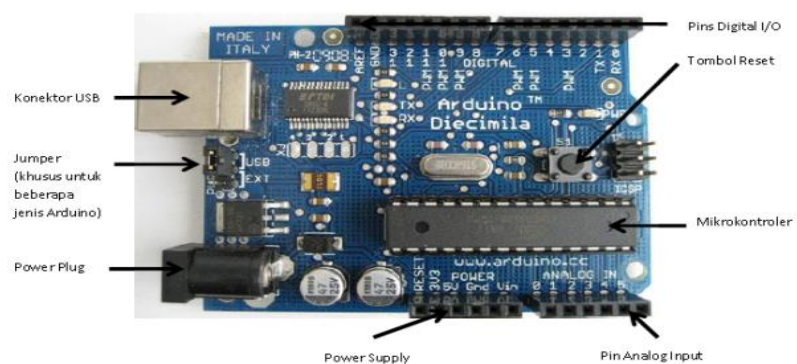
1. Mikrokontroler Arduino

Mikrokontroler adalah suatu komponen elektronika yang dapat diprogram dan memiliki kemampuan untuk mengeksekusi langkah-langkah yang telah diprogram. Mikrokontroler telah dilengkapi dengan *peripheral* pendukung sehingga membentuk suatu computer lengkap dalam level *chip*, secara sederhana mikrokontroler adalah sebuah IC yang terdiri dari RAM, ROM, *parallel I/O*, *counter*, dan *clock circuit* (Yohandri, 2013). Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan adalah arduino.

. Arduino adalah pengendali mikro *single-board* mikrokontroller berbasis ATMEGA328 (*datasheet*) yang bersifat *open-source*, dirancang untuk

memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Arduino Uno memiliki 14 *Pin input/output* digital (dimana 6 *pin* dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 *input analog*, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP header, dan tombol *reset*. *Pin-pin I/O* juga dapat dikonfigurasi menjadi serial TX/RX, *External Interrupts*, I2C, SPI sesuai dengan fungsinya dalam mikrokontroler ATmega16 atau ATmega328. USB, *jack power*, ICSP header, dan tombol *reset* pengendali mikro *single-board Hardware* memiliki prosesor Atmel AVR dan *software* memiliki bahasa pemrograman sendiri (Saputri, 2014).

Arduino berfungsi untuk memudahkan pengguna elektronik dalam berbagai bidang. yang memiliki prosesor Atmel AVR dan softwrenya memiliki bahasa pemograman sendiri. Bahasa pemograman arduino diterapkan juga pada mikrokontroler. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemograman arduino yang memiliki kemiripan syntax dengan bahasa pemograman C. Bentuk fisik dari mikrokontroler Arduino ini dapat dilihat seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Mikrokontroler Arduino Uno

Spesifikasi dari Arduino Uno ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Board Arduino Uno

Mikrokontroler	Atmega328
Operasi <i>Voltage</i>	5 V
Input <i>Voltage</i>	7-12 V (Rekomendasi)
Input <i>Voltage</i>	6-20 V (<i>limits</i>)
I/O	14 pin (6 pin untuk PWM)
Arus	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB
<i>Bootloader</i>	SRAM 2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan	16 Mhz

Software yang digunakan adalah Arduino IDE seperti Gambar 3.

Integrated Development Environment (IDE) merupakan suatu program khusus untuk suatu komputer agar dapat membuat suatu rancangan atau sketsa program untuk papan Arduino.



Gambar 3. Tampilan Awal Arduino IDE

Software 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.

Pada penelitian ini, Arduino Uno digunakan untuk mengatur *timer* alat pada saat proses degradasi berlangsung. Untuk mengatur pergerakan lampu UV, Arduino Uno dihubungkan dengan motor *stepper* yang sudah terhubung dengan motor *driver*.

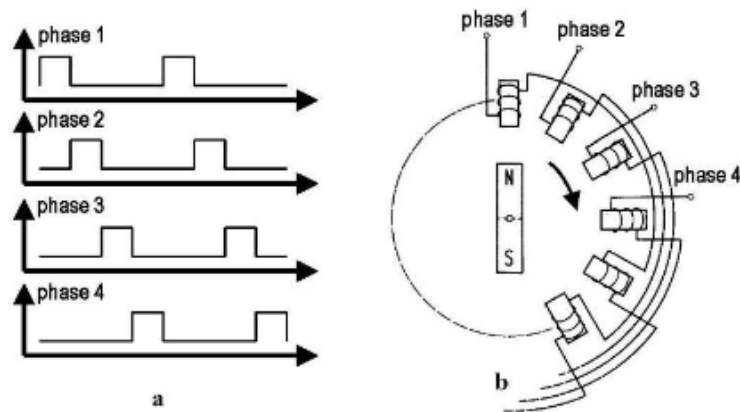
2. Motor Stepper

Motor *stepper* adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Bentuk fisik motor stepper dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bentuk Fisik Motor Stepper

Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali motor stepper yang, membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Satu pulsa menghasilkan satu *step* yang merupakan bagian dari satu putaran penuh dan jumlah pulsa mewakili jumlah putaran seperti Gambar 5. Nilai satu putaran penuh motor *stepper* yaitu 360° . Untuk mendapatkan jumlah putaran yang diinginkan maka dapat diterapkan perhitungan jumlah pulsa. ketepatan gerak motor *stepper* dipengaruhi oleh jumlah *step* setiap putaran yang mana gerak yang dihasilkan akan semakin tepat jika jumlah *step*nya semakin banyak (Kalatiku & Joeferie, 2011).



Gambar 5. Bentuk Pulsa pada motor stepper

Torsi yang dapat dihasilkan oleh motor *stepper* dapat dihitung berdasarkan perbandingan daya kerja motor terhadap kecepatan putarannya yang dapat dirumuskan seperti Persamaan (2).

$$\tau = \frac{P}{\omega} \quad (2)$$

Untuk mengetahui beban maksimum yang dapat digerakkan motor *stepper*, dapat diperoleh dengan menghitung nilai torsi dengan Persamaan (3).

$$\tau = F \cdot r \quad (3)$$

Dimana τ adalah torsi dengan satuan Newton meter, P adalah daya kerja motor dengan satuan Watt, ω adalah kecepatan putaran motor dengan satuan rad/det, F adalah gaya berat yang bekerja terhadap motor dengan satuan Newton, dan r adalah jarak sumbu putar pada motor dalam satuan meter.

Pada motor *stepper* umumnya tertulis spesifikasi N_p (pulsa/rotasi) sedangkan kecepatan pulsa ditulis dengan pps (pulsa/second) dan kecepatan putar umumnya ditulis sebagai ω (rotasi/menit atau rps). Kecepatan putar motor

stepper (rpm) dapat diketahui dengan menggunakan kecepatan pulsa (pps) seperti Persamaan (4).

$$\omega = 60 \frac{pps}{Np} (rpm) = \frac{60}{Np} pps \quad (4)$$

Dengan ω menunjukkan banyak rotasi dalam satu menit (rpm), Np adalah banyak step dalam satu putaran (pulsa/rotasi), dan pps adalah banyak pulsa dalam satu detik.

Menggerakkan motor *stepper* yang bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor memerlukan pengendali motor *stepper* salah satu contohnya yaitu motor *driver* A4988 yang dapat dilihat pada Gambar 6. *Driver* motor *stepper* A4988 memiliki kapasitas output tegangan maksimal 35V dengan arus $\pm 2A$..



Gambar 6. *Driver* Motor A4988

3. *Liquid Cristal Diplay*

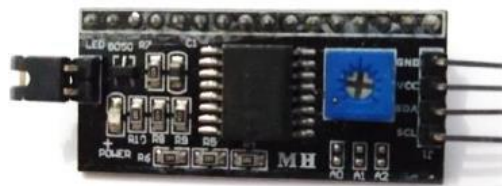
LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah sebuah *display dot matrix* yang berfungsi untuk menampilkan karakter angka, huruf ataupun simbol dengan lebih baik dan dengan konsumsi arus yang rendah (Siswanto, 2018). LCD terdiri dari lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan

elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan. (Natsir et al., 2019). Tampilan LCD dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. LCD 4x20

LCD yang digunakan adalah LCD berukuran 4x20 karakter dengan tambahan *chip module I2C/IIC (Inter Integrated Circuit)*. Dengan menggunakan *module I2C* akan menghemat pemakaian pin Arduino yang memerlukan 4 pin saja yaitu SDA, SCL, VCC dan GND. *Module I2C* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Module I2C

4. Keypad

Keypad adalah saklar-saklar push button yang disusun secara matriks yang berfungsi untuk menginput data seperti, input pintu otomatis, input absensi, input

datalogger dan sebagainya (Maryandika, 2012). *Keypad* biasanya digunakan pada beberapa peralatan yang berbasis mikrokontroler. *Keypad* ini bekerja menggunakan dasar scanning. Sistem kerjanya pada mikrokontroler adalah, dikirim sebuah sinyal aktif ke sebuah kolom, selanjutnya mikrokontroler akan membaca secara bergantian baris ke-1 sampai baris ke-4 untuk menyeleksi tombol mana yang aktif. Hal ini akan dilakukan berulang kali sampai kolom ketiga dan kembali lagi ke kolom pertama (Pratiwi, 2017).

Pada penelitian ini *keypad* yang akan digunakan adalah *keypad* membran 4x4 seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Keypad 4x4

5. Relay

Relay adalah komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, relay merupakan saklar dengan lilitan

kawat pada batang besi (solenoid) di dekatnya. Ketika solenoid dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka (Yohanes C et al., 2018).

Relay biasanya digunakan untuk menggerakkan arus/tegangan yang besar (misalnya peralatan listrik 4 ampere AC 220 V) dengan memakai arus/tegangan yang kecil (misalnya 0.1 ampere 12 Volt DC). *Relay* yang paling sederhana ialah relay elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik. Dalam pemakaiannya biasanya *relay* yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang di-paralel dengan lilitannya dan dipasang terbalik yaitu anoda pada tegangan (-) dan katoda pada tegangan (+). Ini bertujuan untuk mengantisipasi sentakan listrik yang terjadi pada saat *relay* berganti posisi dari *on* ke *off* agar tidak merusak komponen di sekitarnya. Kebanyakan *relay* yang ditemui hanya memiliki tiga kondisi, yakni *normally open* (NO), *normally close* (NC), dan *change-over* (CO). Kondisi NO akan terjadi ketika *relay* diberi tegangan maka saklar akan terbuka. Kondisi NC merupakan kebalikan dari NO dimana saklar akan tertutup ketika *relay* diberi tegangan. Sedangkan kondisi CO merupakan kondisi dimana *relay* akan mengubah posisi saklar ketika diberi tegangan (Adha et al., 2015).

Relay modul sama seperti *relay* pada umumnya hanya saja pada *relay* modul terdapat papan mikrokontroler sehingga memungkinkan kita untuk mengontrol *relay* modul dengan menggunakan mikrokontroler baik menggunakan

Arduino, *raspberry pi*, avr maupun mikrokontroler jenis lainnya. Tampilan *relay* modul dapat dilihat pada Gambar 10.



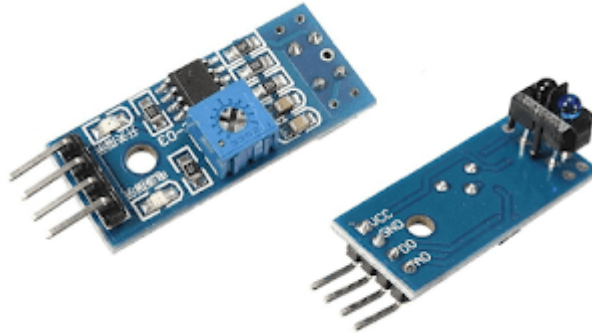
Gambar 10. Modul relay 4 channel

6. TCRT5000

TCRT5000 adalah komponen elektronika terintegrasi buatan Vishay yang memuat pemancar dan detektor infra merah (*infrared*) dalam satu komponen terpadu. Konstruksi komponen ini yang kompak diatur sedemikian hingga sumber emisi cahaya infra merah dan komponen sensor / detektonya berada pada arah yang sama, dengan demikian mampu mendeteksi keberadaan objek yang mendekat dengan cara mendeteksi pantulan sinar merah yang terpancarkan dan memantul pada permukaan objek tersebut. Cahaya infra merah yang diemisikan komponen ini memiliki panjang gelombang 950 nm (nanometer) yang kasat mata (Zuhri, 2019).

Sifat sinar *infrared* yang tak terlihat ini menguntungkan karena berguna dalam aplikasi sensor tanpa memperngaruhi tampilan sekitarnya, misalnya untuk aplikasi layar sentuh, aplikasi pendeteksi keberadaan objek pada suatu bidang permukaan dsb. Komponen sensor / detector adalah sebuah phototransistor, kinerja deteksi optimal pada saat objek berada pada jarak 2,5 mm (rentang jarak yang dapat dideteksi antara 0,2 mm hingga 15 mm). Phototransistor dilapisi dengan lapisan khusus untuk menahan sinar selain infra-merah untuk meningkatkan

akurasi sensor. Rata-rata arus keluaran (IC) adalah 1 mA (Zuhri, 2019). Tampilan *relay* modul dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Sensor TCRT500

7. *Power Supply*

Power supply merupakan salah satu sumber daya listrik yang digunakan untuk mensuplai peralatan elektronik yang membutuhkan tegangan DC (*Direct Current*). *Power supply* didapat dari hasil penyerahan arus bolak-balik AC (*Alternating Current*) yang bersumber dari tegangan PLN 220 VAC (Enny, 2018).

Power supply juga dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah *DC Power Supply*, *AC Power Supply*, *Switch Mode Power Supply*, *Programmable Power Supply*, *Uninterruptible Power Supply*, dan *High Voltage Power Supply*. Dalam penelitian ini akan digunakan *power supply* dengan tipe *Switch Mode Power Supply* seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Power Supply Switching

Switch Mode Power Supply (SMPS) adalah sebuah sistem catu daya yang pengaturan dayanya menggunakan piranti *switching* (saklar) elektronik. Jenis *power supply* ini yang langsung menyearahkan (*rectify*) dan menyaring (*filter*) tegangan *input* AC untuk mendapatkan tegangan DC. Tegangan DC tersebut kemudian di-switch *ON* dan *OFF* pada frekuensi tinggi dengan sirkuit frekuensi tinggi sehingga menghasilkan arus AC yang dapat melewati transformator frekuensi tinggi (Putra, J. S. K. R., dan Herlambang, 2017).

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

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

1. Hasil spesifikasi performansi alat dapat dikatakan baik, dikarenakan alat telah mampu menunjukkan kestabilan antara masukan dengan keluaran,serta setiap komponen pendukung sistem telah bekerja sesuai fungsinya masing-masing.
2. Hasil spesifikasi desain alat *Photo Reactor* yaitu ketepatan dan ketelitian pengukuran timer dari alat. Nilai ketepatan dan ketelitian timer yang didapat cukup baik yaitu 0,995.
3. Hasil degradasi *Congo Red* didapatkan dengan variasi penyinaran 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit, dan 90 menit secara berurutan adalah 49,97%; 78,53%; 80,85%; 81,39%; 82,77%; dan 83.24 %. Sedangkan dengan variasi daya lampu UV 8 watt, 10 watt, 15 watt, dan 20 watt secara berurutan didapatkan hasil degradasi *Congo Red* yaitu 74,50%; 78,15%; 78,53%; dan 81,65%.

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 *Photo Reactor* dapat dikembangkan dengan menambah variasi daya lampu UV yang digunakan