

Rancang Bangun Prototype ESP Untuk Pengendapan Debu Limbah Industri Dengan Menggunakan Transformator Flyback

Achmad Fiqih Fathony

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura

achmadfiqih.fathony@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.52620/sainsdata.v1i1.6>

Abstract

In this study ElectroStatic Precipitator (ESP) is one of the alternative dust catchers with high efficiency (reaching above 90%) and the range of particles obtained is quite large. The purpose of this research is to know the process of making ESP prototypes, to know how flyback transformers work as high voltage suppliers on ESP prototypes and to know the capture of industrial waste dust. This research uses experimental engineering methods. The shape of the prototype electrostatic precipitator is made using materials from acrylic, wood, and paralon 2 1/2 dim. From the results of testing and efficiency calculations on electrostatic prototype precipitators that have been conducted. The working principle of this tool when the control circuit switch on to the EC Centrifugal Fan will work for 40 seconds, the speed of the EC Centrifugal Fan can be set by rotating the potensio meter in the controller room. After 40 seconds EC Centrifugal Fan will ma. After 40 seconds the EC Centrifugal Fan will die and the hammer motor will work for 20 seconds to knock out the dust attached to the CE plate.

Keyword-Ardiuno uno, Electrostatic Precipator, DC Motor

PENDAHULUAN

Perwujudan kualitas lingkungan yang sehat merupakan bagian pokok di bidang kesehatan. Udara sebagai komponen lingkungan yang penting dalam kehidupan perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan daya dukungan bagi makhluk hidup secara optimal. Pencemaran udara umumnya diartikan sebagai udara yang mengandung suatu atau lebih bahan kimia dalam konsentrasi yang cukup tinggi untuk dapat menyebabkan gangguan atau bahaya terhadap manusia, binatang, tumbuh-tumbuhan, dan harta benda.

Secara umum penyebab pencemar udara ada dua macam, yaitu: a. Karena faktor internal (secara alamiah) seperti: debu yang beterbangan akibat tiupan angin, abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berikut gas-gas vulkanik dan proses pembusukan sampah organik dan lain-lain. b. Karena faktor eksternal (karena ulah manusia) seperti: hasil pembakaran bahan bakar fosil, debu/serbuk dari kegiatan industri dan pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara (Sugiarti, 2009)

Debu (partikel) dalam udara dapat bersumber peristiwa alamiah ataupun kegiatan manusia dalam mengembangkan teknologi, terutama di bidang industri. Partikel yang mencemari udara terdiri atas berbagai macam tergantung pada jenis dan kegiatan industri serta teknologi yang ada. Secara umum partikel yang mencemari udara dapat merusak lingkungan, tanaman, hewan, dan manusia sehingga dapat sangat merugikan kesehatan manusia. Pada umumnya udara yang telah tercemar oleh partikel dapat menimbulkan berbagai macam penyakit saluran pernapasan atau *pneumoconiosis* (Wibawa, 2008).

Salah satu penyebab dari penghasil debu adalah industri. Industri merupakan perusahaan yang menyediakan berbagai macam kebutuhan, mulai dari energi listrik, energi mekanik, energi panas dan lain sebagainya. Energi tersebut didapatkan dengan hasil melalui proses

pembakaran, proses netralisasi, proses pendinginan sehingga pada saat proses seperti itu maka akan menghasilkan limbah yang harus diolah terlebih dahulu agar bisa dikeluarkan dan dapat dipakai kembali jika memungkinkan. Polusi yang terkandung pada sisa-sisa pembentukan energi merupakan polusi dari beberapa jenis antara lain timbal, debu, seng dan lainnya yang harus dinetralisir dengan baik. Dari beberapa jenis limbah tersebut, diantaranya mempunyai sifat yang tidak bisa diuraikan dan dapat diuraikan, sehingga jika terdapat limbah yang belum bisa terurai industri terkadang memakai sistem metode pengurai lain agar limbahnya bisa terurai dengan baik (Putra, 2016).

PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri semen. Semen Indonesia memiliki 3 pabrik dengan kapasitas terpasang 8,5 juta ton semen per tahun yang berlokasi di Tuban, Jawa Timur. Semen Indonesia memiliki 2 pelabuhan, yaitu : Pelabuhan khusus Semen Gresik di Tuban dan Gresik. Lokasi pabrik sangat strategis di Sumatera, Jawa dan Sulawesi.

Sejak beroperasi pada 1994 lalu, Semen Indonesia menurut Agung, telah melakukan upaya untuk menekan polusi. Hal ini menjadi kewajiban pokok perusahaan, yang harus memenuhi baku mutu udara seperti yang disyaratkan pemerintah. Bahkan, untuk mengurangi pencemaran, Agung menuturkan perusahaan telah memasang alat canggih bernama *electrostatic precipitator* (EP) yang mampu menangkap debu sampai 99%. Selain itu, di setiap pabrik dipasang 2 alat EP, sedangkan untuk *coal mill* sudah dilengkapi dengan 4 *bag house filter*. Untuk *cement mill* terdapat 11 *bag house filter*, dan di daerah unit pengantongan terdapat ratusan *bag house filter* berukuran kecil (Riski P, 2016).

Menurut buku *Operation and Maintenance Manual For Electrostatic Precipitators*, *Electrostatic Precipitators* (ESP) adalah perangkat kontrol partikel yang menggunakan kekuatan listrik untuk bergerak partikel keluar dari aliran gas yang mengalir dan ke pelat kolektor. Partikel diberi suatu muatan listrik dengan memaksa mereka untuk melewati korona, wilayah di mana aliran gas mengalir. Medan listrik yang memaksa partikel bermuatan ke dinding berasal dari elektroda dipertahankan pada tegangan tinggi di tengah jalur aliran. Setelah partikel dikumpulkan di piring, mereka harus dikeluarkan dari piring tanpa masukkan kembali ke dalam aliran gas. Ini biasanya dilakukan dengan mengetuk mereka lepas dari pelat, memungkinkan lapisan partikel yang terkumpul untuk meluncur ke dalam gerbong yang darinya mereka dievakuasi (EPA, 1985).

Sehingga berdasarkan penjelasan di atas dan hasil observasi diperlukan adanya pengembangan rancangan prototipe *electrostatic precipitator* untuk pengendapan debu limbah industri dengan pengaturan jarak dan bahan plat *Collecting Elektrode* (CE), untuk meningkatkan kinerja dari alat ESP.

KAJIAN PUSTAKA

A. Pemanasan Global

Udara adalah salah satu elemen penunjang kehidupan di muka bumi. Tanpa udara, manusia dan hewan tidak bisa bernafas, tumbuhan pun tidak bisa melakukan fotosintesis. Pentingnya peran udara bagi kehidupan membuat kita harus menjaganya agar udara kita tidak tercemar. Pencemaran udara bisa berdampak pada kelangsungan hidup di ekosistem kita, oleh karena itu pengenalan seputar penyebab, dampak, dan penanggulangan pencemaran udara mutlak perlu kita lakukan agar kelangsungan generasi penerus kita di masa yang akan datang dapat tetap terjaga dan lestari.

Seperti dikutip dari Wikipedia, pengertian pencemaran udara adalah kehadiran substansi fisik, biologi, atau kimia di lapisan udara bumi dalam jumlah yang bisa membahayakan kesehatan seluruh komponen biotik penyusun ekosistem, mengganggu keindahan dan kenyamanan, dan merusak properti.

Industri yang memiliki kadar polusi udara yang tinggi selalu mempertimbangkan untuk pemfilteran polusinya, sebelum dikeluarkan ke udara bebas. Hal tersebut dikarenakan mengacu pada peraturan Kepala Gubernur yang sudah dilampirkan pada BAB I yang mengatur tentang bahan baku mutu udara ambient. *Global Warming* atau dalam bahasa Indonesia nya **Pemanasan Global** yaitu suatu proses meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan Bumi. Suhu rata-rata permukaan Bumi sudah meningkat $0.74 \pm 0.18^\circ\text{C}$ ($1.33 \pm 0.32^\circ\text{F}$) selama seratus tahun terakhir.



Gambar 2.1 Skema Terjadinya Hujan Asam

(sumber: desy, 2016)

Hujan asam adalah hujan yang kadar keasamannya di bawah 5,6 atau memiliki pH kurang dari 5,6. Sedangkan hujan yang biasa, terjadi dengan alami mempunyai kadar keasaman 6 atau sedikit di bawah angka itu. Hujan asam turun disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil yang menghasilkan zat belerang yang naik ke atmosfer.

Hujan asam sebagai salah satu dampak yang disebabkan polusi udara ternyata sudah berevolusi pada tahun 1800-an saat bergencarnya Industri – industri di negara Inggris yang telah ditemukan sebelumnya tentang hujan asam oleh Robert Angus Smith.

Hujan asam dan polusi udara sangat berhubungan, dikarenakan sebagai limbah hasil dari aktivitas kegiatan manusia. Beberapa penyebab hujan asam diantara lainnya :

a) Hujan asam akibat dari manusia

1. Asap kendaraan bermotor;
2. Asam hasil pabrik;
3. Asam dari pembangkit listrik yang menggunakan batubara

b) Hujan asam akibat aktivitas alam

1. Aktivitas gunung berapi yang mengeluarkan asap seperti belerang.
2. Proses biologis yang terjadi di danau, laut, dan tanah.

Kebutuhan tenaga kerja dan persaingan bisnis yang semakin meningkat menghasilkan banyaknya lapangan pekerjaan yang berbentuk pabrik industri. Polusi dari aktifitas industri pabrik-pabrik tersebut meningkatkan tingkat panas bumi, oleh karena itu *Electrostatic Precipitator* merupakan sistem yang sangat dianjurkan karena mampu

mengontrol debu dengan efesien hingga 98% sehingga debu yang berasal dari sisa – sisa pembakaran boiler mampu terfilter dengan baik.



Gambar 2.2 Pencemaran udara oleh limbah produksi semen (Sumber Rizki, 2016)

B. *Elektrostatic Precipitator*

ElectroStatic Precipitator (ESP) adalah salah satu alternatif penangkap debu dengan efisiensi tinggi (mencapai diatas 90%) dan rentang partikel yang didapat cukup besar. Dengan menggunakan electrostatic precipitator (ESP) ini, jumlah limbah debu yang keluar dari cerobong diharapkan hanya sekitar 0,16 % (efektifitas penangkapan debu mencapai 99,84%), ukuran partikel debu terkecil yang diperoleh $< 2 \mu\text{C}$.

Hasil pembakaran di ruang bakar tersebut mengandung banyak debu dan debu tersebut akan terbawa bersama gas buang menuju cerobong. Sebelum gas buang tersebut keluar melalui cerobong, maka gas buang tersebut akan melewati kisi-kisi suatu sistem electrostatic precipitator (ESP).

C. Mikrokontroler Arduino Uno

Papan sirkuit berbasis *microcontroller ATmega328. IC (integrated circuit)* ini memiliki 14 *input/output* digital (6 *output* untuk PWM), 6 *analog input*, resonator kristal keramik 16 MHz, Koneksi USB, soket adaptor, pin header ICSP, dan tombol *reset*. Hal inilah yang dibutuhkan untuk *support microcontroller* secara mudah terhubung dengan kabel power USB atau kabel *power supply* adaptor AC ke DC atau juga *battery*.



Gambar 2.3. *Arduino UNO*
(Sumber : Ihsan, 2015)

Arduino Uno berbeda dari semua *board microcontroller* diawal-awal yang tidak menggunakan *chip khusus driver FTDI USB-to-serial*. Sebagai penggantinya penerapan *USB-to-serial* adalah *ATmega16U2* versi R2 (versi sebelumnya *ATmega8U2*). Versi *Arduino Uno*

Rev.2 dilengkapi resistor ke 8U2 ke garis *ground* yang lebih mudah diberikan ke *modeDFU*. Dapat dilihat pada Gambar 2.3. (Ihsan, 2015)

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino UNO

Mikrokontroler	ATmega328
Operasi tegangan	5Volt
Input tegangan	disarankan 7-11Volt
Input tegangan batas	6-20Volt
Pin I/O digital	14 (6 bisa untuk PWM)
Pin Analog	6

Keunggulan dari *Arduino Uno*, Terdiri dari:

- 1.0 *Pin out*: ditambahkan pin *SDA* dan *SCL* di dekat pin *AREF* dan dua pin lainnya diletakkan dekat tombol *RESET*, fungsi *IOREF* melindungi kelebihan tegangan pada papan rangkaian. Keunggulan perlindungan ini akan kompatibel juga dengan dua jenis *board* yang menggunakan jenis *AVR* yang beroperasi pada tegangan kerja 5V dan *Arduino Due* tegangan operasi 3.3V.
- Rangkaian *RESET* yang lebih mantap.
- Penerapan *ATmega 16U2* pengganti *8U2*.

1. Power

Arduino Uno dapat di *supply* langsung ke *USB* atau *power supply* tambahan yang pilihan *power* secara otomatis berfungsi tanpa saklar. Kabel *external (non-USB)* seperti menggunakan adaptor *AC* ke *DC* atau baterai dengan konektor *plug* ukuran 2,1mm polaritas *positif* di tengah ke lubang *power* di *board*. Jika menggunakan baterai dapat disematkan pada pin *GND* dan *Vin* di bagian *Power* konektor.



Gambar 2.4. Power Supply Arduino Port
(Sumber : Ihsan, 2015)

Papan *Arduino* ini dapat disuplai tegangan kerja antara 6-20V, jika catu daya di bawah tegangan *standart 5V board* akan tidak stabil, jika dipaksakan ke tegangan regulator 12V mungkin *board arduino* cepat panas (*Overheat*) dan merusak *board*. Sangat direkomendasikan tegangannya 7-12V.

Penjelasan **Power PIN**:

- a. **VIN** - *Input voltase board* saat anda menggunakan sumber catu daya luar (adaptor *USB 5 Volt* atau adaptor yang lainnya 7-12V), Anda bisa menghubungkannya dengan pin *VIN* ini atau langsung ke lubang *power 5V. DC power (7-12V)*, Kabel konektor *USB (5V)* atau catu daya lainnya (7-12V). Menghubungkan secara langsung *power supply* luar (7-12V) ke pin 5V atau pin 3.3V dapat merusak rangkaian *Arduino* ini.
- b. **3V3** - Pin tegangan 3.3V catu daya umum langsung ke *board*. Maksimal arus yang diperbolehkan adalah 50 mA.
- c. **GND** - Pin *Ground*.
- d. **IOREF**- Pin ini penyedia referensi tegangan agar mikrokontrol beroperasi dengan baik. Memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan pada output untuk bekerja dengan 5V atau 3.3V.

2. **Memori**

ATmega328 memiliki memori 32KB (dengan 0.5KB digunakan sebagai *boot loader*). Memori 2KB *SRAM* dan 1KB *EEPROM*.

3. **Input and Output**

Masing-masing dari 14 pin *Arduino Uno* dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan perintah fungsi pin *Mode*, *digital Write*, dan *digital Read* yang menggunakan tegangan operasi 5V. Tiap pin dapat menerima arus maksimal hingga 40mA dan resistor *internal pull-up* antara 20-50k Ω , beberapa pin memiliki fungsi khusus antara lain:

- a. **Serial**: 0 (RX) dan 1 (TX). Sebagai penerima (RX) dan pemancar (TX) TTL serial data. Pin ini terkoneksi untuk pin korespondensi *chip ATmega8U2 USB-toTTL Serial*.
- b. **External Interrupts**: 2 dan 3. Pin ini berfungsi sebagai konfigurasi *trigger* saat *interupsi value low*, naik, dan tepi, atau nilai *value* yang berubah-ubah.
- c. **PWM**: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Melayani *output 8-bit PWM* dengan fungsi *analog Write*.
- d. **SPI**: 10 (*SS*), 11 (*MOSI*), 12 (*MISO*), 13 (*SCK*). Pin yang *support* komunikasi *SPI* menggunakan *SPI library*.
- e. **LED**: 13. Terdapat *LED indikator bawaan (built-in)* dihubungkan ke *digital* pin 13, ketika nilai *value HIGH led* akan *ON*, saat *value LOW led* akan *OFF*.
- f. *Arduino Uno* memiliki 6 *analog input* tertulis di label A0 hingga A5, masing-masingnya memberikan 10 bit resolusi (1024). Secara asal *input analog* tersebut terukur dari 0 (*ground*) sampai 5V, itu pun memungkinkan perubahan teratas dari jarak yang digunakan oleh pin *AREF* dengan fungsi *analog Reference*.

Sebagai tambahan, beberapa pin ini juga memiliki kekhususan fungsi antara lain:

- a. **I²C**: pin A4 atau pin SDA dan and A5 atau pin SCL. *Support I²C communication* menggunakan *Wire library*. Inilah pin sepasang lainnya di board UNO.
- b. **AREF**: Tegangan referensi untuk *input analog*. digunakan fungsi *analog Reference*.

- c. **Reset:** Menekan jalur *LOW* untuk mereset *microcontroller*, terdapat tambahan tombol *reset* untuk melindungi salah satu blok.

4.Communication

Arduino Uno memiliki fasilitas nomer untuk komunikasi dengan komputer atau *hardware Arduino* lainnya, atau dengan *microcontroller*. Pada *ATmega328* menerjemahkan serial komunikasi *UART TTL (5V)* pada pin 0 (*RX*) dan 1 (*TX*). Pada *ATmega16U2* serial komunikasinya dengan *USB* dan *port virtual* pada *software* di komputer. Perangkat lunak (*Firmware*) *16U2* menggunakan *driver standart USB COM* dan tidak membutuhkan *driver* luar lainnya. Bagaimanapun pada *OS Windows file ekstensi.inf* sangat diperlukan. *Software Arduino* bawaan telah menyertakan serial monitor yang sangat mudah membaca dan mengirim data dari dan ke *Arduino*. *LED* indikator *TX* dan *RX* akan kedip ketika data telah terkirim via koneksi *USB-to-serial* dengan *USB* pada komputer (tetapi tidak pada serial com di pin 0 dan pin1). *Software Serial library* membolehkan banyak pin serial communication pada *Uno*. *ATmega328* juga support *I2C (TWI)* dan *SPI communication*. *Software Arduino* terbenam di dalamnya *Wire library* untuk memudahkan penggunaan bus *I2C*.

5.Automatic (Software) Reset

Dibutuhkan tekan tombol *reset* sebelum *upload*, sebab *Arduino Uno* dirancang *reset* dulu oleh *software* ketika terhubung dengan komputer. Satu komponen jalur kontrol aliran (*DTR*) dari *ATmega8U2/16U2* yang terhubung di *reset* seperti halnya *ATmega328* dengan *100 nf* kapasitor. *Software upload* kode ini dapat mengupload secara mudah tanpa kehilangan waktu lama saat di tekan *start uploadnya*.

6.USB Overcurrent Protection

Arduino Uno memiliki fungsi *resettable polyfuse* untuk memproteksi dari *port USB* komputer akibat hubung singkat atau kelebihan arus. Jika arus yang melebihi *500mA* dari *port USB* maka *fuse* secara otomatis putus koneksi hingga *short* atau *overload* dilepaskan dari *board* ini

D. Exhaust Fan

Alat ini berfungsi untuk menghisap udara panas di dalam ruang dan membuangnya ke luar dan pada saat bersamaan menghisap udara segar di luar masuk ke dalam ruangan. Fungsi lain exhaust fan adalah mengatur volume udara yang akan disirkulasikan pada ruang. Supaya sehat setiap ruang butuh sirkulasi udara berbeda sesuai dengan fungsinya.

Dalam tugas akhir ini exhaust fan digunakan untuk menarik udara untuk disalurkan. Fan atau blower banyak digunakan di industri untuk memindahkan sejumlah volume udara atau gas melalui suatu saluran selain itu juga digunakan untuk memasok udara dalam proses pengeringan, pemindahan bahan tersuspensi di dalam aliran gas, pembuangan asap, pengondensasian menara, pemasok udara untuk pembakaran boiler, pembuangan debu, aerasi sampah, pengering pendingin proses industri, sistem ventilasi dan aplikasi sistem beraliran tinggi dan bertekanan rendah.



Gambar 2.5 Contoh Exhaust Fan

(Sumber : Data Primer, 2018)

E. Motor DC

Motor DC adalah jenis motor listrik yang bekerja menggunakan sumber tegangan DC. Motor DC atau motor arus searah sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung dan tidak langsung/*direct-unidirectional*. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalan *torque* yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.

Karakteristik motor DC sangat berpengaruh didalam penggunaanya, motor DC memiliki sifat yang relatif ingin dipelihara. Maksud dari ingin dipelihara yaitu harus diperhatikan sebaik mungkin, dikarenakan pada motor DC mempunyai komponen yang sangatlah penting didalam fungsi dan tugasnya yaitu *brushless* (dilihat dari kegunaan dan model motor). *Brushless* atau sikat arang tersebut berfungsi sebagai perantara untuk memasukkan tegangannya sehingga tidak boleh kotor atau mengalami kelembaban (tergantung dari datasheet motor DC itu sendiri).

F. Driver L298N

Driver motor L298N merupakan module driver motor DC yang paling banyak digunakan atau dipakai di dunia elektronika yang difungsikan untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC. Kelebihan dari driver motor L298N ini adalah cukup presisi dalam mengontrol motor. Selain itu, kelebihan driver motor L298N adalah mudah untuk dikontrol. Untuk mengontrol driver L298N ini dibutuhkan 6 buah pin mikrokontroler. Dua buah untuk pin Enable (satu buah untuk motor pertama dan satu buah yang lain untuk motor kedua. Karena driver L298N ini dapat mengontrol dua buah motor DC)

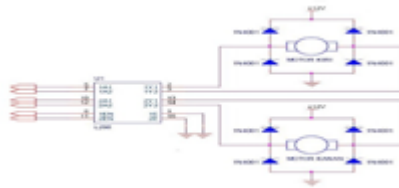


Gambar 2.6 Contoh Driver L298N

(Sumber : Data Primer, 2018)

Skematik rangkaian driver motor L298N harus ditambahkan beberapa komponen lagi agar dapat bekerja. Yang pertama berupa rangkaian regulator yang berada dibagian atas skematik. dan yang kedua adalah rangkaian pendukung driver motor yang berupa beberapa dioda. Output dari rangkaian ini sudah berupa dua pin untuk masing masing motor. Pada

prinsipnya rangkaian driver motor L298N ini dapat mengatur tegangan dan arus sehingga kecepatan dan arah motor dapat diatur. Berikut rangkaian skematik driver L298N dan Tabel Spesifikasinya :



Gambar 2.7 Rangkaian Skematik Driver L298N

(sumber: desy, 2016)

Tabel 2.2 Spesifikasi Driver L298N

Driver IC	L298N
Tegangan Input Maks.	50 V
Tegangan Input Kerja	7 V
Tegangan Kerja	0,3 V – 7 V
Operasi Tegangan	46 V
Output Arus Maks.	4 A
Logic Autocovery	“0”
Suhu Temperature Min – Maks	-25°C - 130°C

G. Buck Converter

Converter adalah perubah tegangan DC ke tegangan DC lainnya dalam level atau polaritas yang berbeda. Ketika tegangan DC yang tersedia tidak sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan oleh suatu perangkat atau rangkaian elektronik, maka digunakanlah konverter. Karena itu konverter merupakan bentuk power-supply juga, berikut beberapa pengaturan yang diperlukan untuk mengatur Buck Konverter ini:

1. Menentukan daya output maksimum, tegangan output, dan tegangan input.
2. Menentukan frekuensi switching ini tergantung dari sumber switching.
3. Menentukan dutycycle dengan rumusan V_{in}/V_{out} .
4. Menentukan rippel arus maksimum biasanya 30% dari arus beban (disunting dari microchip).
5. Menghitung nilai Induktor, nilai kapasitor output.



Gambar 2.11 Contoh dari Driver Buck Konverter

Sumber : (Data Primer,2018)

Buck-converter memanfaatkan sifat induktor terhadap guncangan listrik berfrekwensi tinggi dan bekerja dengan adanya denyut-denyut tegangan (sebagaimana layaknya SMPS). Karena itu di dalam sebuah rangkaian buck-converter selalu terdapat generator sinyal, transistor penguat, dioda, kondensator dan induktor. Pada perancangan *prototype* ESP kali ini menggunakan *Buck Converter* berfungsi untuk menurunkan tegangan sebagai input *Trafo Flyback* sehingga didapatkan inout 6 volt saja yang semula input awalnya 12 volt.

H. Flyback Transformer

The Flyback Transformer (FBT), juga disebut “Line Output Transformator” (LOPT), adalah sebuah transformator khusus yang digunakan untuk menghasilkan tegangan tinggi (HV) sinyal pada frekuensi yang relatif tinggi. Ini diciptakan sebagai alat untuk mengontrol gerakan horisontal berkas elektron dalam sebuah tabung sinar katoda (CRT). Seperti dengan semua langkah step up transformer, ia menerima tegangan rendah dan mengubahnya menjadi tegangan tinggi. Dalam hal ini, ia (trafo flyback) melakukannya pada frekuensi yang relatif tinggi dan jauh lebih cepat daripada pergerakan vertikal berkas elektron (yang dikenal sebagai tingkat scan vertikal). Flyback trafo yang digunakan dalam operasi-display CRT perangkat seperti CRT televisi dan monitor komputer, dan perangkat HV lain seperti lampu plasma DIY. Tegangan dan frekuensi dapat setiap rentang atas skala yang luas, tergantung pada perangkat. Sebagai contoh, TV berwarna yang besar mungkin memerlukan CRT 20-50 kV dengan scan horizontal tingkat 15,734 kHz untuk perangkat NTSC. Tidak seperti transformator biasanya yang menggunakan arus bolak-balik dari 50 atau 60 Hertz. Transformator Flyback biasanya beroperasi dengan arus diaktifkan pada frekuensi yang lebih tinggi dalam kisaran 15 kHz sampai 50 kHz.



Gambar 2.12 Contoh Transformator Flyback yang digunakan

(Sumber : Data Primer,2018)

Cara kerja dari Tranfo Flyback yaitu tidak seperti transformator utama dan audio transformator, sebuah LOPT dirancang bukan hanya untuk mentransfer energi, tetapi juga untuk menyimpan hal itu untuk sebagian yang signifikan dari periode switching. Hal ini dicapai dengan lilitan kumparan pada inti ferit dengan celah udara. Celah udara meningkatkan keengganan rangkaian magnetik dan karena itu kapasitasnya untuk menyimpan energi.

Lilitan utama dari LOPT didorong oleh tegangan yang relatif rendah gelombang gigi gergaji, yang ramped up (dan menyapu balok di layar untuk menggambar garis) dan kemudian tiba-tiba dimatikan (dan menyebabkan berkas dengan cepat terbang kembali dari

kanan ke kiri atas layar) dengan tingkat keluaran horizontal. Ini adalah ramped dan berdenyut bentuk gelombang yang berulang di horizontal (baris) frekuensi layar. The flyback (vertikal bagian dari gelombang gigi gergaji) sangat berguna bagi trafo flyback: semakin cepat medan magnet runtuh, semakin besar tegangan induksi. Selanjutnya, frekuensi tinggi yang digunakan memungkinkan penggunaan transformator yang jauh lebih kecil. Dalam televisi, frekuensi tinggi ini adalah sekitar 15 Kilohertz (15,734 kHz untuk NTSC), dan getaran dari sirkuit terkait sering dapat didengar sebagai merengek bernada tinggi. Pada komputer modern yang dapat menampilkan frekuensi bervariasi atas berbagai macam, dari sekitar 30 kHz sampai 150 kHz.

Alternating current yang datang dari trafo flyback diubah menjadi arus searah oleh rectifier tegangan tinggi. Jika tegangan keluaran dari LOPT tidak cukup tinggi dengan sendirinya, rectifier digantikan oleh pengganda tegangan. Televisi warna awal (seperti tahun 1954 RCA CT-100) juga menggunakan regulator untuk mengontrol tegangan tinggi. Tegangan yang diperbaiki kemudian digunakan untuk memasok anoda dari tabung sinar katoda. Ada sering bantu gulungan sekunder yang menghasilkan tegangan yang lebih rendah untuk mengemudi bagian lain dari tampilan's sirkuit - sering filamen CRT itu akan didorong dari flyback. Dalam tabung set, giliran dua filamen terletak di sisi berlawanan dari inti sebagai HV sekunder, digunakan untuk menggerakkan tabung rectifier's pemanas.

Satu keuntungan dari operasi trafo flyback pada frekuensi adalah bahwa hal itu bisa jauh lebih kecil dan lebih ringan daripada yang sebanding beroperasi pada daya transformator (baris) frekuensi. Keuntungan lain adalah bahwa ia menyediakan mekanisme failsafe - defleksi horizontal harus sirkuit gagal, trafo flyback akan berhenti operasi dan menutup seluruh layar, layar mencegah luka bakar yang sebaliknya akan hasil dari alat tulis, berkas elektron.

METODE PENELITIAN

A. Tujuan Umum Perencanaan

Perencanaan berfungsi untuk mengetahui bagaimana sistem *Electrostatic precipitator* untuk pengendapan debu limbah industri dengan pengaturan jarak dan bahan plat *collecting electrode*. oleh karena itu dibuat suatu alat *electrostatic precipitator* (pengendap debu elektrostatis) untuk mengurangi dan menghilangkan debu hasil bakar boiler. Diharapkan udara yang telah diolah di dalam *electrostatic precipitator* sudah bersih.

B. Metodologi perancangan

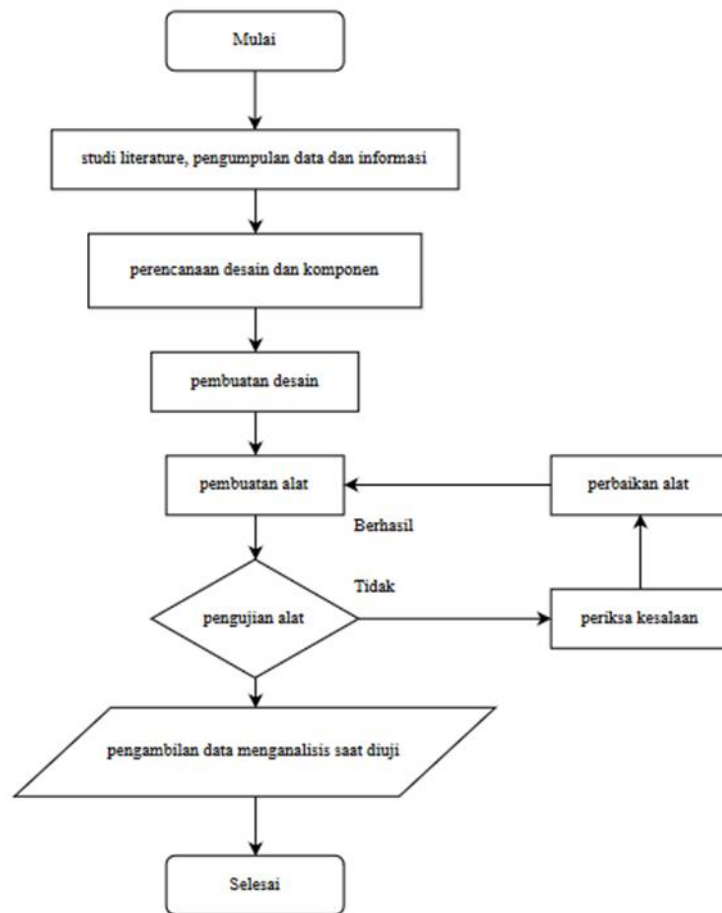
1. Perencanaan *Software*

Sistem perencanaan software adalah sebuah program yang akan diterapkan didalam hardware yang telah dirancang sedemikian rupa, dengan sebuah Arduino uno sebagai control untuk driver motor dc L298N sebagai penggerak plat CE agar debu yang menempel jatuh kebawah dan menggunakan trafo flyback untuk penghasil tegangan tinggi yang akan memberikan tegangan tinggi 10-15 kV DC pada plat DE.

2. Perencanaan *Hardware*

Setelah membuat sebuah program dan alat berhasil kemudian akan dibuat sebuah perencanaan hardware dengan menggunakan Arduino sebagai control untuk driver motor dc L298N sebagai penggerak plat CE dan plat DE agar debu yang menempel jatuh kebawah. Untuk hardware akan dibuat prototipe ESP menggunakan akrilik dan debu discharge dari pabrik Semen Indonesia sebagai debu yang ditangkap oleh plat CE.

C. Metodologi penelitian



Gambar 3.1 Diagram alur perencanaan

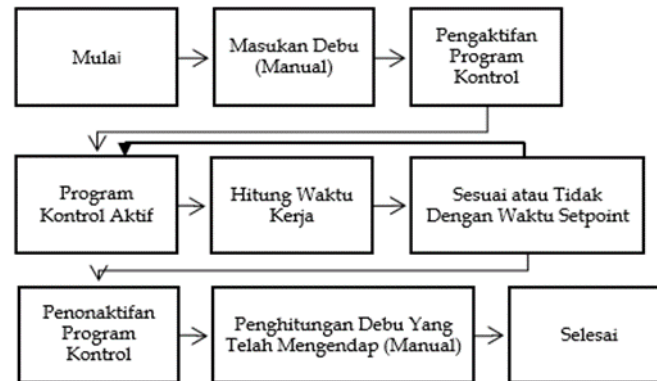
(Sumber: Data Primer, 2018)

Table 3.1 Alat dan bahan yang akan yang digunakan dalam perencanaan prototipe *electrostatic precipitator* untuk pengendapan debu limbah industri dengan pengaturan jarak dan bahan plat collecting electrode.

No	Alat dan Bahan	Spesifikasi	Satuan	Jumlah
1	Driver Motor DC	L298N	Buah	2
2	Buck Converter		Buah	1
3	Kabel female-male		buah	
4	Terminal		Buah	2
5	Motor DC		Buah	4
6	Trafo Flyback		Buah	1
7	Kabel NYA 1,5 mm	NYA	Meter	2
8	Arduino Uno	16 Bit	Buah	1
9	Adaptor	Power	Buah	1
10	White Board		Buah	1
11	Resistor	330 Ω	Buah	2

12	Kipas PC		Buah	3
13	Driver ZVS		Buah	1

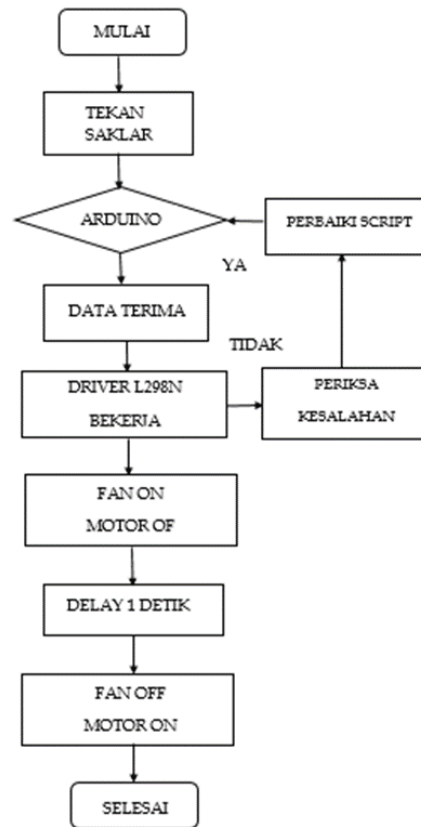
1. Desain rancangan pembuatan desain *hardware*
 - a. Diagram line pembuatan *hardware* prototipe *electrostatic precipitator* untuk pengendapan debu limbah industri dengan pengaturan jarak dan bahan plat collecting electrode. diagram alur *hardware* akan ditunjukkan pada gambar 3.2



Gambar 3.2 *flowchart hardware*

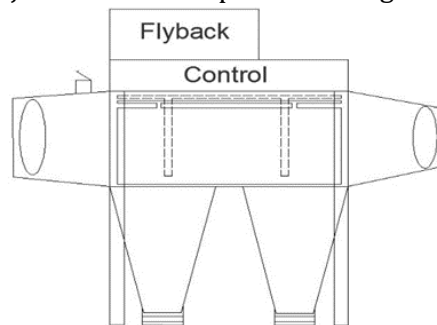
(sumber : Data Primer. 2018)

2. Desain rancangan pembuatan desain *software*
 - b. Berisikan tentang sebuah program yang akan diterapkan didalam *hardware* yang telah dirancang sedemikian rupa, dengan memasukkan pemograman pada Arduino dan driver L298N. diagram alur *software* akan ditunjukkan pada gambar 3.3



Gambar 3.3 *flowchart software*
(sumber : Data Primer. 2018)

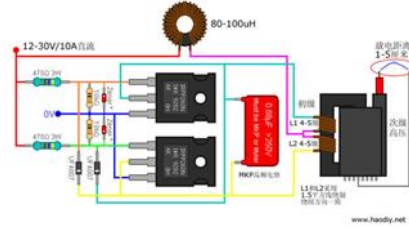
c. Desain Perencanaan prototipe *electrostatic precipitator* untuk pengendapan debu limbah industri dengan pengaturan jarak dan bahan plat collecting electrode



Gambar 3.4 Desain fisik *prototype ESP*
(Sumber Data primer, 2018)

1. Saat limbah debu limbah industri dimasukan ke dalam lubang pemasukan pada prototipe *electrostatic precipitator* debu tersebut akan ditiup oleh fan menuju ke plat CE dan DE.
 2. Plat CE dan DE sudah Dalam keadaan on sebelum debu limbah industri keluar ke udara debu akan menempel pada plat CE dan DE karena adanya medan listrik.
 3. Medan listrik terjadi karena adanya energi listrik positif dan negatif berarus DC pada plat CE dan DE yang dialiri tegangan tinggi oleh trafo flyback.
 4. Dalam merontokan debu yang menempel pada plat CE dan DE penulis menggunakan motor DC yang deprogram menggunakan Arduino uno dan driver L298N.
- d. Perancangan alat kendali

Rancangan Trafo Flyback Tegangan tinggi ini berfungsi untuk membuat aliran eletrostatis pada kedua lempengan dengan jarak yang mempengaruhi kekuatan tegangan. Alat ini menggunakan sumber energi berupa power supply, dan akan menghasilkan tegangan sebesar 10-50 kV DC, tetapi dengan arus yang sangat kecil (hanya beberapa Ampere saja).



Gambar 3.5 Desain rangkaian kendali
(Sumber Data primer, 2018)

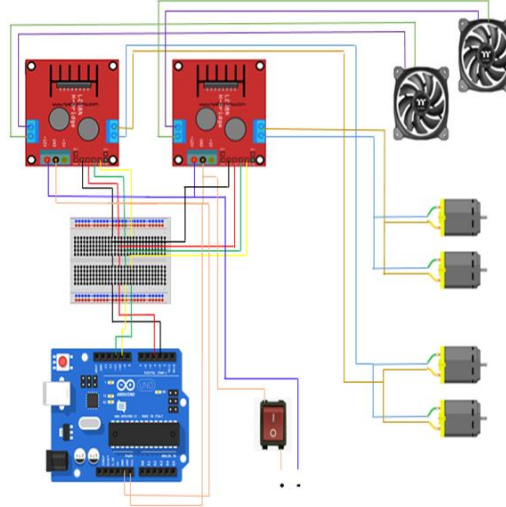
e. Diagram block prototipe *electrostatic precipitator* untuk pengendapan debu limbah industri dengan pengaturan jarak dan bahan plat collecting electrode



Gambar 3.6 Diagram block secara keseluruhan
(sumber : Data Primer. 2018)

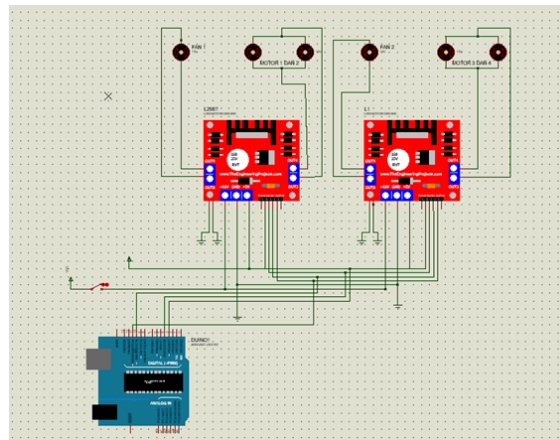
Diagram sistem alat keseluruhan meliputi trafo flyback, mikrokontroller dan plat DE dan CE yang aktif untuk menyerap debu bagaimana sistem kerja dari alat keseluruhannya. Mikrokontroller trafo tersebut berfungsi untuk memberikan tegangan tinggi sehingga plat DE dan CE akan bekerja memberikan induksi pada debu sisa pembakaran tersebut.

- f. Desain rangkaian control prototipe *electrostatic precipitator* untuk pengendapan debu limbah industri dengan pengaturan jarak dan bahan plat collecting electrode.



Gambar 3.7 Wairing Arduino prototipe *electrostatic precipitator* untuk pengendapan debu limbah industri dengan pengaturan jarak dan bahan plat collecting electrode.
(sumber : Data Primer. 2018)

- g. Berikut rangkaian simulasi yang akan dibuat ditunjukan pada gambar 3.8



Gambar 3.8 Simulasi *software* Proteus
(sumber : Data Primer. 2018)

PEMBAHASAN

Kinerja Pengendalian Motor Dc Menggunakan Arduino Uno Pengambilan data dari kinerja Pengendalian Motor Dc Menggunakan Arduino dengan menggunakan simulasi proteus, bawahsannya hasil dari simulasi apakah EBM Motor Centrifugal dan motor hammer bekerja sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, Tabel 1 hasil dari simulasi Pengendalian Motor Dc Menggunakan Arduino ditandai motor on dan off.

Motor	On	Off
Centrifugal Fan	40 detik (On)	Off
Motor Hammer	Off	20 detik (On)
ESP Ready	Off	Off

Sumber: Hasil analisis Pengendalian Motor DC Menggunakan Arduino Uno.2019

Kinerja Fan pada prototipe ESP Berdasarkan dari hasil pengujian, berikut Hasil Percobaan pada prototipe ESP :

No	Pengujian	Massa (Mili Gram)			
		Input	Debu Rontok	Input	Debu Rontok
1	Pertama	2000	1146,8	3000	2081,6
2	Kedua	2000	1149,7	3000	2152,2
3	ketiga	2000	1150,2	3000	2156,8
4	keempat	2000	1153,4	3000	2159,7
5	kelima	2000	1155	3000	2160,1

Sumber: Hasil analisis Pengendalian Motor DC Menggunakan Arduino Uno.2019

Berdasarkan hasil dari pengujian yang telah kami lakukan dimana debu yang kami masukan dalam prototipe adalah seberat 2 gram dan 3 gram dengan pengujian masing-masing sebanyak 5 kali. Dimana debu yang berhasil dirontokan oleh motor hammer kemudian di tampung oleh bak penampung hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2 . Berdasarkan hasil dari pengujian yang terdapat pada tabel 2 dapat penulis simpulkan bawah rata-rata debu yang berhasil di rontokan dan ditampung di bak penampungan pada pengujian 2 gram debu yang dimasukan pada prototipe adalah seberat 1151,5 mili gram sedangkan pada pengujian 3 gram debu yang dimasukan pada prototipe adalah seberat 2142,8 mili gram.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan sebuah simulasi setelah saklar di on kan maka arduino akan bekerja memerintahkan relay dan menjalankan motor EC Centrifugal fan selama 40 detik dengan diawali tulisan motor blower on pada LCD kemudian baru motor hammer bekerja selama 20 detik diawali tulisan motor hammer on pada LCD dimana lama waktu kerja dari motor hammer dan EC Centrifugal fan sudah penulis program dalam arduino.

Selain mengetahui hasil dari simulasi apakah motor hammer bekerja atau tidak yang ditandai lampu led merah dan biru, penulis juga mengatur kecepatan putar motor/rpm pada motor hammer dan EC Centrifugal fan. Untuk mengatur kecepatan putar motor/rpm penulis menggunakan potensiometer yang terdapat pada modul DC Step Up untuk mengatur kecepatan putar motor EC Centrifugal fan.

REFERENSI

- HARIS, M. (2021). PROTOTYPE PENGENDALI PINTU AIR OTOMATIS PADA SALURAN IRIGASI BERBASIS MIKROKONTROLLER ESP 32 (Doctoral dissertation, Universitas Mataram).
- Hadi, C. C. F. (2020). PROTOTYPE SISTEM CONTROL BERBASIS INTERNET OF THINGS PADA PENYINARAN KEBUN BUAH NAGA. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 4(1), 56-60.
- Debataraja, C. L. B., & Krisnadi, I. PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM MONITORING KOMPARASI JARAK JAUH SENSOR SUHU MENGGUNAKAN IOT SELAMA MASA PANDEMIK COVID-19 DI INDONESIA.
- ADIYANTO, A. N. (2020). PROTOTYPE MESIN PENGISI GALON MANDIRI PADA DEPOT AIR MINUM MENGGUNAKAN RFID (RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION) DAN ADAFRUIT IO (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana Jakarta).
- Ibrahim, A. M., & Setiyadi, D. (2021). PROTOTYPE PENGENDALIAN LAMPU DAN AC JARAK JAUH DENGAN JARINGAN INTERNET MENGGUNAKAN APLIKASI TELEGRAM BERBASIS NODEMCU ESP8266. *Infotech: Journal of Technology Information*, 7(1), 27-34.
- Wicaksono, M. H. D., & Aribowo, W. (2019). Pengendalian Motor DC Menggunakan Arduino Uno Pada Rancang Bangun Electrostatic Precipitator. *INAJEEE (Indonesian Journal of Electrical and Electronics Engineering)*, 2(2), 29-33.
- DWI, Mochamad Hanif; ARIBOWO, Widi. engendalian Motor DC Menggunakan Arduino Uno Pada Rancang Bangun Electrostatic Precipitator. *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, 2019, 1.2: 69-73.
- Dwi, M. H., & Aribowo, W. (2019). engendalian Motor DC Menggunakan Arduino Uno Pada Rancang Bangun Electrostatic Precipitator. *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, 1(2), 69-73.
- Muhardian, Reza, and Krismadinata Krismadinata. "Kendali Kecepatan Motor DC Dengan Kontroller PID dan Antarmuka Visual Basic." *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)* 6.1 (2020): 328-339.
- Ningrum, H. N. K., Artono, B., Haryo, R. J. K., & Ardiansyah, S. D. (2020). Rancang Bangun Prototype Electrostatic Precipitator (ESP) Sebagai Penangkap Debu Asap Paska Pengelasan. *JREC (Journal of Electrical and Electronics)*, 8(2), 67-74.