

# RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN PENANGKAP DEBU PADA GUDANG BERBASIS MIKROKONTROLER

Urwatil Wuska<sup>1</sup>, Aidi Finawan<sup>2</sup>, Arsy Febrina Dewi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol  
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Email: uskqueen02@gmail.com<sup>1</sup>, aidifinawan@pnl.ac.id<sup>2</sup>, arsyfebrinadw@pnl.ac.id<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Debu adalah partikel padat yang berukuran sangat kecil yang dibawa oleh udara. Salah satu debu yang berbahaya yaitu debu semen atau debu *fibrogenic* seperti kristal silika (*free crystalline silica* – FCS) atau disebut juga asbestos adalah jenis debu yang sangat beracun yang dapat merusak dan mempengaruhi fungsi atau kerja paru-paru apabila terhirup. Dari permasalahan yang ada maka penulis bertujuan untuk merancang sistem penangkap debu pada gudang agar dapat meminimalisir terjadinya penyakit pernapasan pada pekerja. Metode yang digunakan adalah studi literatur, metode perancangan dan metode eksperimen. Hasil yang diperoleh adalah sensor debu GP2Y1010AU0F mampu mendeteksi kadar debu dari 0,11 mg/m<sup>3</sup> sampai 4,37 mg/m<sup>3</sup>. Sedangkan sensor LDR digunakan untuk mendeteksi ketebalan debu yang tersaring pada filter berdasarkan tinggi rendahnya intensitas cahaya. Hasil dari pendeteksian tersebut ditampilkan pada LCD.

**Kata-kata kunci :** Debu, LDR, Sensor debu GP2Y1010AU0F

## I. PENDAHULUAN

Gudang merupakan komponen penting dari rantai pasokan modern. Rantai pasok melibatkan berbagai tahap kegiatan seperti produksi, distribusi barang dan penanganan bahan baku. Selain itu, gudang juga merupakan bangunan yang digunakan untuk menyimpan barang baik itu berupa bahan baku, barang setengah jadi ataupun barang yang sudah jadi. Contohnya seperti gudang tepung, gudang semen dan gudang-gudang material lainnya. Gudang tersebut memiliki potensi debu yang sangat banyak sehingga dapat membahayakan kesehatan para pekerja, terutama pada gudang semen.

Gudang semen adalah satu dari banyak gudang yang memiliki potensi debu yang amat berbahaya, karena silika yang terkandung dalam debu semen dapat menyebabkan gangguan kesehatan para pekerja. Salah satu contoh dari gangguan kesehatan yang disebabkan oleh terpaparnya debu semen adalah pneumoconiosis. Prevalensi penyakit akibat paparan debu semen juga akan semakin meningkat terutama pada pekerja yang berhadapan langsung dengan debu semen.

Penulis merancang sebuah sistem penangkap debu pada gudang berbasis mikrokontroler yang dapat meminimalisir kadar debu dalam gudang semen dengan menggunakan sensor debu GP2Y1010AU0F untuk mendeteksi kadar debu. Apabila debu sudah melebihi nilai ambang batas yang sudah ditentukan maka *blower* akan menghisap debu tersebut. Kemudian alat ini juga dilengkapi dengan filter pada bagian belakang *blower* yang berfungsi untuk menyaring debu semen agar tidak ikut keluar sehingga mengurangi resiko terjadinya

pencemaran udara. Pada bagian filter dipasangkan sensor LDR yang berguna untuk mendeteksi ketebalan debu yang tersaring sehingga dapat diketahui waktu yang tepat untuk dilakukannya perawatan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada alat ini menggunakan 6 buah sensor ultrasonik untuk mendeteksi depan, depan kanan, depan kiri, belakang, belakang kanan dan belakang kiri motor servo untuk mengatur pergerakan robot dan mikrokontroler Atmega16 sebagai pusat kontrol yang bertujuan untuk membersihkan robot secara per kolom agar dapat membersihkan ruangan secara menyeluruh. Pada saat robot mendapatkan hambatan maupun penghalang, maka robot akan mengarah ke tempat yang tidak ada hambatan melalui sensor ultrasonik yang mampu membaca penghalang di depan robot tanpa menyentuh penghalang tersebut.[1]

Pada sistem pendeteksi dan penetralisir dapat dikatakan berjalan sesuai dengan apa yang diinginkan. Kipas akan menyala jika nilai kadar debu di udara di atas nilai set point yang sudah diatur. Sedangkan *buzzer* akan berbunyi atau menyala jika kadar debu di udara lebih besar dari nilai *set point* yang diatur. Dengan demikian sensor debu GP2Y1010AU0F dapat digunakan dalam mendeteksi kadar debu dalam ruangan dengan luas tertentu.[2]

Pada penelitian ini menjelaskan bahwa debu yang terdeteksi oleh sensor GP2Y1010AU0F akan menjadi sinyal tegangan yang kemudian dikonversikan dari tegangan analog menjadi sinyal digital (ADC– *Analog to Digital Converter*), sinyal digital tersebut kemudian

akan diolah oleh Arduino sesuai dengan rumus konversi ADC menjadi satuan kadar debu yaitu  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Hasil tersebut kemudian dikirim secara serial ke aplikasi yang telah dibuat menggunakan visual basic secara terupdate dalam tempo waktu tertentu. Data yang dikirim arduino dapat ditampilkan pada Visual Basic yaitu dengan cara pengambilan karakter output arduino. [3]

Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 13 tahun 2011 tentang nilai ambang batas fisik dan faktor kimia di lingkungan kerja, menetapkan bahwa nilai ambang batas debu di lingkungan kerja tidak boleh melebihi  $3 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Salah satu debu yang berbahaya yaitu debu semen atau debu *fibrogenic* seperti kristal silika (*free crystalline silica* – FCS) atau disebut juga asbestos adalah jenis debu yang sangat beracun yang dapat merusak dan mempengaruhi fungsi atau kerja paru-paru apabila terhirup. [4]

#### A. Sensor Debu GP2Y1010AU0F

GP2Y1010AU0F *Optical Dust Sensor* ialah sensor debu yang berbasis inframerah. Pada bagian tengah sensor GP2Y1010AU0F terdapat lubang yang tembus dari bagian depan hingga ke bagian belakang. Lubang tersebut berdiameter  $8 \text{ mm} \pm 0.15 \text{ mm}$  dengan kedalaman 18 mm. Pada bagian sisi lain dari lubang tersebut, terdapat sepasang sensor yang dilengkapi dengan lensa kolimator. Sensor tersebut terdiri atas sebuah *light emitting diode* sebagai sumber cahaya (*light source/transmitter*) dan sebuah *photodiode* sebagai penerima hamburan cahaya yang dipantulkan oleh debu pada tingkat intensitas tertentu. Cahaya yang diterima oleh photodiode kemudian diubah kedalam bentuk sinyal listrik berupa nilai tegangan, dimana nilai tegangan ini bergantung pada seberapa besar intensitas cahaya yang diterima oleh *photodiode*. Bentuk fisik sensor debu gp2y1010au0f dapat dilihat pada Gambar 1.



Gbr. 1 Sensor Debu GP2Y1010AU0F

#### B. Sensor LDR

LDR (*Light Dependent Resistor*) merupakan suatu jenis resistor yang nilai resistansinya berubah-ubah karena adanya intensitas cahaya yang diserap. LDR dibentuk dari *Cadium Sulfide* (CDS) yang mana Cadium Sulfide dihasilkan dari serbuk keramik. Prinsip kerja LDR ini pada saat mendapatkan cahaya maka tahanannya turun, sehingga pada saat LDR mendapatkan kuat cahaya terbesar maka tegangan yang dihasilkan adalah tertinggi. [5] Bentuk fisik sensor LDR dapat dilihat pada Gambar 2.



Gbr. 2 Sensor LDR

#### C. Arduino Uno

Arduino adalah pengelolaan mikro single-board yang bersifat open-source, yang memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Arduino Uno adalah salah satu jenis papan mikrokontroler berdasarkan ATmega328, dan Uno adalah istilah Italia yang berarti satu. ATmega328 adalah salah satu jenis mikrokontroler chip tunggal yang dibentuk dengan Atmel dalam keluarga megaAVR. Mikrokontroler jenis ini sangat kompatibel dengan modul mikrokontroler Arduino Uno yang digunakan.[6] Bentuk fisik dari arduino uno dapat dilihat pada Gambar 3.



Gbr. 3 Arduino Uno

#### D. Blower

Blower adalah mesin atau alat yang digunakan untuk meningkatkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan bekerja dalam suatu ruangan sebagai penghisap atau pemvakuman udara atau gas tertentu. Blower ini berukuran  $32 \text{ cm} \times 32 \text{ cm}$  dan bekerja dengan menyedot udara atau gas yang sudah terkontaminasi dengan debu atau partikel lainnya dengan daya hisap  $13,30 \text{ m}^3/\text{menit}$ . Blower dapat dilihat pada Gambar 4.

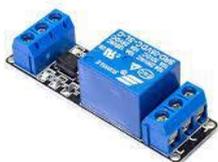


Gbr. 4 Blower

#### E. Relay

Relay adalah suatu peralatan elektronik yang berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan suatu rangkaian elektronik yang satu dengan yang lainnya, contoh pada rangkaian pengontrol motor

menggunakan relay. Pada dasarnya relay adalah saklar elektromagnetik yang akan bekerja apabila arus mengalir melalui kumparan, inti besi akan menjadi magnet dan akan menarik kutub-kutub relay. Kutub-kutub dapat ditarik apabila garis magnet dapat mengalahkan gaya pegas yang melawannya. Besarnya gaya magnet yang ditetapkan oleh medan yang ada pada celah udara pada jangkar dari inti magnet, dan banyaknya lilitan kumparan, kuat arus yang mengalir atau disebut dengan inperal lilitan dan perlawanan magnet yang berada pada sirkuit pemagnetan. Bentuk fisik motor dc dapat dilihat pada Gambar 5.



Gbr. 5 Relay

F. LED

LED (*Light Emitting Diode*) adalah sebuah komponen elektronika yang memiliki kemampuan dapat memancarkan cahaya monokromatik melalui tegangan maju. Prinsip kerja dari LED ini sangat sederhana yaitu hanya dengan mengubah energi listrik menjadi cahaya, ketika LED dialiri tegangan maju atau bias *forward* yaitu dari anoda (P) menuju katoda (K), kelebihan elektron pada N-type material akan berpindah ke wilayah yang kelebihan *hole* yaitu wilayah yang bermuatan positif (P-type material). Saat elektron bertemu dengan *hole* akan melepaskan photon yang memancarkan cahaya monokromatik (satu warna). Warna cahaya yang dihasilkan oleh LED berbeda-beda, tentunya konsumsi listriknya juga berbeda-beda. Bentuk fisik dari LED dapat dilihat pada Gambar 6.



Gbr. 6 LED

G. Buzzer

Buzzer adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Prinsip kerja dari *buzzer* hampir sama dengan loud speaker, dimana pada *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan itu dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau ke luar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya. Karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak balik sehingga membuat udara

bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi kesalahan pada sebuah alat (alarm).Bentuk fisik dari buzzer dapat dilihat pada Gambar 7.



Gbr. 7 Buzzer

H. IC ULN2003

IC ULN2003 adalah sebuah IC dengan ciri memiliki 7 bit input, tegangan maksimal 50 volt dan arus 500 mA. Fungsi IC ULN2003 adalah sebagai driver untuk mencatu daya pada relay, karena keluaran dari mikrokontroler tidak dapat mencatu daya yang terdapat pada relay secara langsung. IC ULN idealnya cocok untuk komunikasi sirkuit logic low level. Prinsip kerja dari IC ULN 2003 ini yaitu bila diberi tegangan inputan pada ic ULN2003 sebesar 3,3 Volt maka pada bagian output ic ULN2003 akan terhubung ke tegangan – (minus).



Gbr. 8 IC ULN2003

I. LCD I2C (*Liquid Crystal Display*)

LCD adalah kepanjangan dari *Liquid Crystal Display*.LCD (*Liquid Crystal Display*) digunakan sebagai tampilan dari sebuah informasi. Jenis LCD yang mempunyai dua baris disebut dengan LCD 16 x 2. Pada LCD 16x2 dapat ditampilkan 32 karakter, 16 karakter pada baris atas dan 16 karakter pada baris bawah. LCD 16x2 pada umumnya menggunakan 16 pin sebagai kontrolnya, dengan mengubah jalur kendali LCD dari parallel ke serial (I2C) menggunakan modul I2C converter, sehingga hanya membutuhkan 2 jalur kabel saja (plus satu kabel ground) untuk menghubungkan ke LCD dan menggunakan 2 pin saja yaitu SDA dan SCL. Tampilan fisik LCD I2C dapat dilihat pada Gambar 9.

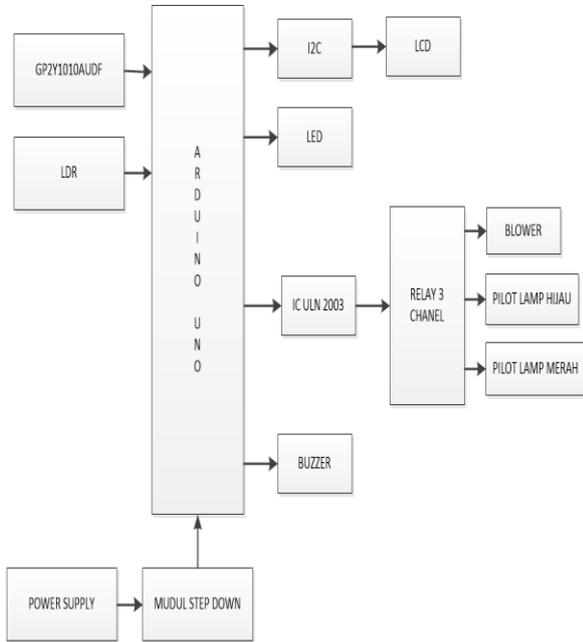


Gbr. 9 LCD

**III. METODOLOGI**

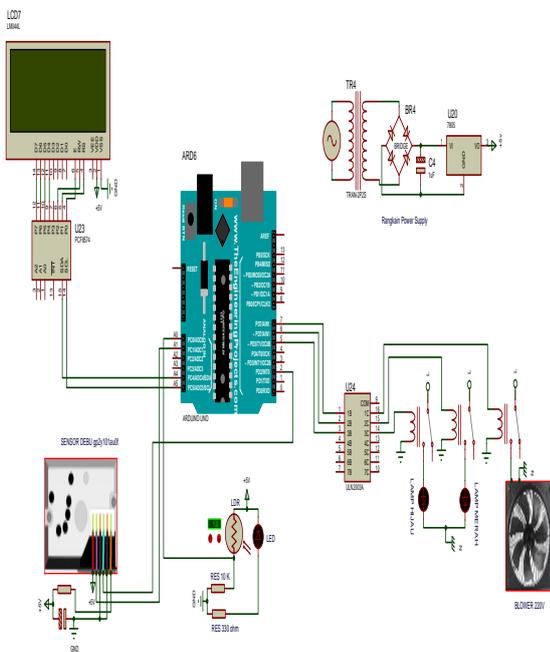
**A. Diagram Blok Sistem**

Adapun diagram blok dari rancang bangun sistem pengendalian penangkap debu pada gudang berbasis mikrokontroler yang terdiri dari beberapa komponen dapat dilihat pada Gambar 10.



Gbr. 10 Diagram Blok Sistem

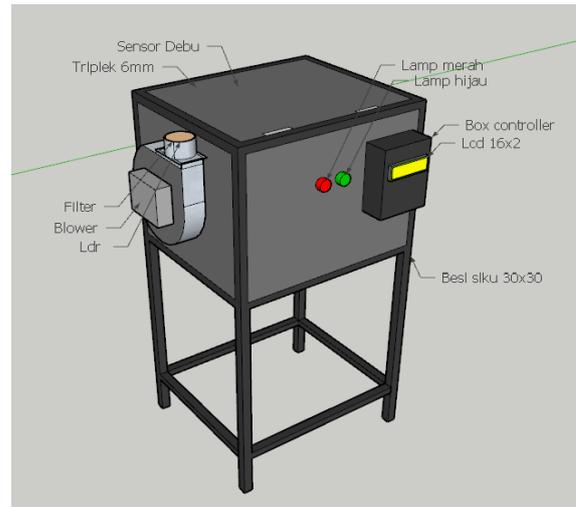
**B. Perancangan Rangkaian Elektronik**



Gbr. 11 Interface Komponen Ke Arduino Uno

**C. Perancangan Mekanik**

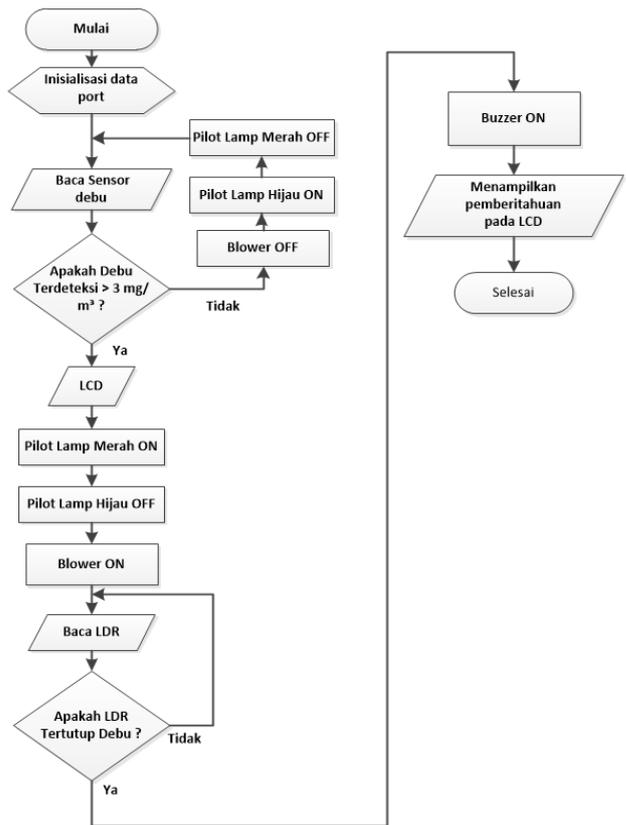
Perancangan mekanik bertujuan untuk membuat rancangan alat yang akan dibuat seperti pada Gambar 12.



Gbr. 12 Rancangan Mekanik

**D. Algoritma**

Sebelum pembuatan program maka terlebih dahulu adanya perencanaan flowchart tentang sistem kerja, sehingga sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Dapat diliat pada Gambar 13.



Gbr. 13 Flowchart Sistem

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Pengujian Sensor Debu

Pengukuran sensor debu dilakukan untuk mengetahui tingkat kadar debu semen yang membahayakan dengan cara memberikan beberapa sampel debu semen, debu tersebut dihembuskan ke dalam ruang uji supaya sensor dapat mendeteksi debu semen yang beterbangan. Dimensi ruang uji yang digunakan adalah tinggi 45 cm, panjang 40 cm dan lebar 40 cm. Kemudian hasil dari pendeteksian akan ditampilkan pada LCD. Adapun hasil dari pengukuran sensor debu pada alat tersebut tertera pada Tabel 1.

TABEL I  
Hasil Pengujian Sensor Debu

No	Sampel (mg)	Debu yang terbaca (mg/m <sup>3</sup> )	Kondisi blower	Indikator	
				Merah	Hijau
1	0,25	0,11	OFF	OFF	ON
2	0,5	0,32	OFF	OFF	ON
3	1	0,70	OFF	OFF	ON
4	2	1,13	OFF	OFF	ON
5	3	2,10	OFF	OFF	ON
6	4	2,53	OFF	OFF	ON
7	5	2,70	OFF	OFF	ON
8	6	3,10	ON	ON	OFF
9	7	3,29	ON	ON	OFF
10	8	3,30	ON	ON	OFF
11	9	3,36	ON	ON	OFF
12	10	3,48	ON	ON	OFF
13	11	4,36	ON	ON	OFF

Pada tabel 1, pada saat pemberian sampel 0,25 - 5 mg, nilai kadar debu yang terbaca berada pada angka 0,11 - 2,70 mg/m<sup>3</sup>, blower dalam keadaan off dan *pilot lamp* merah off sedangkan *pilot lamp* hijau on. Hal ini menandakan bahwa kondisi aman karena debu yang terdeteksi oleh sensor debu GP2Y1010AU0F masih berada di bawah nilai ambang batas (3,0 mg/m<sup>3</sup>). Namun, ketika pemberian sampel debu 6 - 11 mg kadar debu yang terdeteksi mencapai angka 3,10 - 4,36 mg/m<sup>3</sup>, maka dari itu *pilot lamp* merah akan menyala (on) sedangkan *pilot lamp* hijau akan mati (off). Pada kondisi ini secara otomatis blower aktif untuk menghisap debu. Blower akan berhenti menghisap debu apabila kadar debu sudah kembali berada di bawah nilai ambang batas yang telah ditentukan, diikuti dengan *pilot lamp* merah mati (off) dan *pilot lamp* hijau aktif (on) kembali.

Berdasarkan proses dari transduser sensor debu tersebut, hamburan cahaya yang dipantulkan oleh debu pada tingkat intensitas tertentu diterima oleh *photodiode*. Kemudian cahaya tersebut diubah kedalam bentuk sinyal listrik berupa nilai tegangan, dimana nilai tegangan ini bergantung pada seberapa besar intensitas cahaya yang diterima oleh *photodiode*. Selanjutnya nilai tegangan ini dikonversi ke bentuk

sinyal digital. Output dari sensor adalah tegangan sebanding dengan padatan debu yang terukur.

Dalam pengukuran ini sampel debu tidak sepenuhnya terdeteksi, seperti yang tertera dalam Tabel 1. Pada saat pengukuran sampel debu semen sebesar 0,25 mg sedangkan yang terukur oleh sistem sebesar 0,11 mg/m<sup>3</sup>, dengan selisih pembacaan sebesar 0,14 mg/m<sup>3</sup>. Hal ini dikarenakan sensor debu GP2Y1010AU0F ini hanya mendeteksi debu yang mengambang di udara. Berikut adalah gambar hasil pengukuran yang ditampilkan pada LCD.



Gbr. 14 Tampilan LCD Untuk Pengukuran Kadar Debu

##### B. Pengukuran Sensor LDR

Pengukuran sensor LDR dilakukan untuk mengetahui tingkat ketebalan debu pada filter dengan menggunakan led sebagai sumber cahaya untuk sensor ldr. cahaya masuk akan dibaca langsung oleh sensor dan hasilnya ditampilkan pada LCD. Dimana *buzzer* akan aktif sesuai dengan data hasil tersebut. Adapun hasil dari pengujian sensor LDR tersebut tertera Tabel 2.

TABEL II  
Data Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya

No	Nilai desimal adc	Intensitas cahaya (%)	Kondisi filter	Buzzer
1	819	80	Bersih	-
2	686	67	Berdebu	Beeb
3	501	49	Kotor	Long

Dari data pengujian tersebut diketahui bahwa ketebalan debu dapat dilihat dari tinggi atau rendahnya intensitas cahaya yang diterima oleh sensor LDR. Dalam kasus ini nilai desimal adc dari sensor LDR diubah ke dalam nilai persen (%), berarti 100% sama dengan 1024 nilai desimal adc. Dari nilai 100% dapat dikelompokkan menjadi tiga kondisi, dimana pada nilai intensitas cahaya 71%-90% atau 727-921 (nilai desimal adc) menandakan bahwa filter dalam kondisi bersih. Kemudian pada nilai intensitas cahaya 60%-70% atau 614-716 (nilai desimal adc) menandakan bahwa filter dalam keadaan berdebu. Selanjutnya pada nilai intensitas cahaya 10%-59% atau 102-604 (nilai desimal adc) menandakan bahwa filter dalam keadaan kotor.

Berdasarkan data pada tabel 2 menunjukkan bahwa pada saat nilai intensitas cahaya 80% berarti termasuk dalam kondisi bersih, kemudian pada saat

nilai intensitas cahaya 67% berarti tergolong dalam kondisi berdebu, ditandai dengan adanya suara *buzzer* yang berbunyi (*beeb*). Pada saat intensitas cahaya 49% berarti tergolong dalam kondisi kotor ditandai dengan bunyi *buzzer* (*long*), pada kondisi ini filter harus segera digantikan. Untuk dapat mengganti filter pada alat ini dilengkapi saklar yang berfungsi untuk mematikan blower supaya proses penggantian filter dapat dilakukan dengan aman.

### C. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dirancang dapat bekerja sesuai dengan perencanaan. Dari hasil pengujian keseluruhan sistem diperoleh data hasil pengujian seperti pada Tabel 3.

TABEL III  
Hasil Pengujian secara Keseluruhan

Sensor	Kondisi	Blower	Buzzer	Indikator	
				Merah	Hijau
Sensor Debu	Aman	OFF	-	OFF	ON
	Bahaya	ON	-	ON	OFF
Sensor LDR	Bersih	-	OFF	-	-
	Berdebu	-	ON	-	-
	Kotor	-	ON	-	-

Setelah dilakukan pengujian kadar debu dan tingkat ketebalan debu pada filter menggunakan sensor debu GP2Y1010AU0F dan sensor LDR didapat kan beberapa kondisi. Pada pengujian sensor debu diperoleh dua kondisi yaitu kondisi aman yang berarti pada kondisi ini sensor mendeteksi kadar debu di bawah ambang batas ( $3 \text{ mg/m}^3$ ), ditandai lampu merah off sedangkan lampu hijau on dan blower tetap dalam keadaan off. Pada kondisi bahaya sensor mendeteksi debu yang melebihi ambang batas ( $3 \text{ mg/m}^3$ ), ditandai lampu merah on sedangkan lampu hijau off disertai blower yang on.

Kemudian pada saat pengujian sensor LDR diperoleh tiga kondisi yaitu kondisi bersih yang ditandai dengan buzzer yang masih dalam kondisi off. Kemudian pada kondisi berdebu buzzer mulai on dengan bunyi buzzer (*beeb*), dan pada kondisi terakhir yaitu kondisi kotor, buzzer berada dalam keadaan on dengan bunyi buzzer (*long*).

## V KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pada Sistem Pengendalian Penangkap Debu Berbasis Mikrokontroler, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Sensor debu GP2Y1010AU0F berhasil mendeteksi 13 sampel debu yang diberikan yaitu  $0,25 \text{ mg} - 11 \text{ mg}$ , sehingga pada saat sensor mendeteksi debu diatas nilai ambang batas ( $3 \text{ mg/m}^3$ ), maka blower akan aktif.
2. Sensor LDR dapat mendeteksi ketebalan debu pada filter dengan tinggi dan rendahnya parameter intensitas cahaya.
3. Sistem pengendalian penangkap debu menggunakan sensor debu GP2Y1010AU0F dapat menghasilkan 2 keadaan yaitu aman dan bahaya, sedangkan Sensor LDR diperoleh 3 keadaan yaitu bersih, berdebu, dan kotor.

## REFERENSI.

- [1] Miswar. (2020). **Rancang Bangun Robot Penyedot Debu Otomatis Berbasis ATMEGA16** (Software). Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [2] Beny Junaidi. (2019). **Pendeteksi dan Penetralisir Debu dan Asap Pada Udara Menggunakan Sensor GP2Y1010AU0F dan MQ-2 Berbasis Arduino Uno R3 Atmega328P**. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/21265>.
- [3] Lasmana, D. S., & Fitriani, E. (2020). **Rancang Bangun Prototype Robot Penghisap Debu Menggunakan Optical Dust Sensor**. 20–29.
- [4] Sari, Aulia, Fitri. (2018). **Hubungan Kadar Debu dengan Gangguan Fungsi Paru pada Pekerja di Bagian Packing Plant Indarung Biro Pengantongan 1 Departemen PT. Semen Padang**. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Sumatera Utara.
- [5] Yulian Mirza, Ali Firdaus. (2016) **Light Dependent Resistant (LDR)**. *Jurnal Jupiter*, 8(1) 39-45.
- [6] Wisnulaksito, F. A., Sri, M. W., & Tentua, M. N. (2017). **Rancang bangun sistem pendeteksi debu berbasis arduino**. *Dinamika Informatika Volume*, 6(2), 31–41.