

RANCANG BANGUN SISTEM PENYAPU PADA ROBOT PEMBERSIH LANTAI

Heru Pranoto¹, Setya Permana Sutisna, S.TP., M.Si^{2*}, Edi Sutoyo, ST., M.Si^{3*}

¹Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor,
Indonesia, 16162

ABSTRAK

Salah satu mekanisme robot diantaranya mengadopsi *system* kendali *otomatis* dengan berbasis *Arduino Mega 2560Pro*. Sistem kendali tersebut dipadukan dengan *Motor DC* sebagai pengendalian arah putaran kanan dan kiri dari kedua *Side Brush* sebagai batang penyapu secara *otomatis* bergerak sendiri setelah robot dihidupkan oleh *push bottom switch*. Pada prinsipnya tujuan ini adalah memperoleh konstruksi, rangkaian elektrik dan kodingan sistem penyapu dengan variasi putaran. Mengetahui kapasitas beban dan *torsi* yang dibutuhkan untuk *Motor DC* sistem penyapu pada robot pembersih lantai. Pada pengujian sistem penyapu robot pembersih lantai dilakukan pengukuran dan perhitungan pada efisiensi penyapuan debu dengan kecepatan 1000 rpm dan 1200 rpm. Berdasarkan pengujian, efisiensi penyapuan rata-rata untuk pembersih lantai pada kecepatan 1000 rpm dan 1200 rpm berturut-turut adalah 46,5% dan 58%. Berdasarkan hasil pengujian efisiensi penyapuan, diketahui bahwa sistem penyapu dengan kecepatan 1200 rpm lebih baik digunakan untuk menyapu dibandingkan dikecepatan 1000 rpm.

Kata kunci: Robot pembersih lantai, *Side Brush*, Efisiensi penyapuan.

ABSTRACT

One of the robotic mechanism is adopting an automatic control system based on Arduino Mega2560Pro. The control system is integrated with the Motor DC as the control direction of the right and left rotation of the two Side Brushes as the sweep rod automatically moves itself after the robot is turned on by a push button switch. In principle, this goal is to obtain construction, electrical circuit and sweep coding system with rotation variations. Knowing the load capacity and torque needed for a DC motor sweeper system on a floor cleaning robot. In testing the floor cleaning robot sweep system measurements and calculations are carried out on the efficiency of sweeping dust with speeds of 1000 rpm and 1200 rpm. Based on testing, the average sweeping efficiency for floor cleaners at speeds of 1000 rpm and 1200 rpm respectively was 46.5% and 58%. Based on the results of sweeping efficiency testing, it is known that a sweeping system with a speed of 1200 rpm is better used for sweeping than at 1000 rpm.

Keywords: Floor cleaning robot, Side Brush, Sweeping efficiency.

1. PENDAHULUAN

Dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, teknologi robot merupakan alat yang dapat digunakan sebagai alat bantu pekerjaan manusia di dalam kehidupan sehari-hari.[1] Sebagai contoh robot canggih yaitu, system komunikasi, sistem produksi perindustrian, dan sistem komputer banyak menggunakan *mikrokontroller* sebagai unit pengontrol utama. Penggunaan robot ini dimaksudkan untuk dapat mempermudah manusia untuk melakukan pekerjaan atau aktivitasnya sehari-hari.

Robot menurut kamus besar Bahasa Indonesia, Robot adalah alat berupa orang-orangan dan sebagainya yang dapat bergerak atau berbuat seperti manusia, dan dikendalikan oleh mesin.[2],[3],[4], "Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, atau menggunakan program yang telah di definisikan terlebih dahulu.

Robot dapat didefinisikan sebagai sebuah alat mekanik yang dapat bekerja secara terus menerus untuk membantu pekerjaan manusia, yang dalam menjalankan tugasnya dapat dikontrol langsung oleh

manusia ataupun bekerja secara *otomatis* sesuai program yang telah ditanamkan pada *chip controller* robot.[5],[6]

Belakangan ini robot mulai memasuki pasaran konsumen di bidang alat bantu rumah tangga, seperti alat pembersih lantai. Robot pembersih lantai adalah robot yang dapat membersihkan suatu ruangan tanpa dikendalikan oleh manusia. Perkembangan alat pembersih lantai sudah sangat pesat kemajuannya dengan memiliki fungsi seragam dalam satu alat. Sedangkan dalam rumah tangga robot jarang sekali digunakan. Hal ini disebabkan oleh biaya robot yang cukup mahal dan sulit untuk mendapatkannya. Sehingga banyak orang yang menyelesaikan pekerjaan rumahnya secara *manual* seperti menyapu kotoran dan menyedot debu.[7]

Seiring berjalannya teknologi di masa ini alat pembersih lantai yang tadinya hanya menggunakan sapu lantai dan *vacuum* lantai secara *manual* sebagai alat pembersihnya kemudian dengan perkembangan zaman saat ini pengaplikasiannya dengan robot, di dalam robot tersebut di mungkin dapat mengerjakan suatu pekerjaan pembersihan lantai dengan tugas ganda dalam sekali pergerakannya, seperti penyapu, dan penyedot debu. Berkembang kearah penggabungan teknologi penyapu kotoran, penyedot debu pada lantai dimana sistemnya berjalan secara *otomatis* setelah mesin di hidupkan.

Pada alat pembersih lantai sebelumnya pada umumnya menggunakan manusia sebagai pengendali sehingga apabila membersihkan bagian paling bawah harus duduk dan mengarahkan peralatan tersebut dan juga menyulitkan pergerakan manusia dalam melakukan pekerjaannya.[8]

Dari latar belakang tersebut maka dibuat sebuah sistem penyapu pada robot pembersih lantai dimana *system* mekaniknya dengan mengadopsi *system* kendali *otomatis* dengan berbasis *Arduino Mega2560Pro* dan memadukan pemanfaatan *motor dc* sebagai pengendalian arah putaran kanan dan kiri dari kedua *Side Brush* sebagai batang penyapu untuk menyapu secara *otomatis* bergerak sendiri setelah robot di hidupkan oleh *push button switch* yang dikontrol oleh *Arduino Mega2560Pro*.

Dengan penelitian ini mencoba mengaplikasikan kinerja dari sistem penyapu pada robot pembersih lantai tersebut dengan metode pengolahan data yang berbasis pengendalian dari *system Arduino Mega2560Pro*. Perintah ini di dapat dari *Mikrokontroler* yaitu *Arduino Mega2560Pro* dari robot pembersih lantai kemudian pada sinyal penerimaannya akan diteruskan ke *Motor DC* sebagai pengendali yang akan menggerak *side brush* sebagai batang penyapu baik ke kanan maupun kiri dan juga menjalankan fungsi utama dalam sistem penyapu pada robot pembersih lantai, serta akan menyapu kotoran yang dilewati oleh robot pembersih lantai tersebut dan dengan bantuan beberapa sensor yang di pasang pada beberapa bagian robot pembersih lantai tersebut.[8]

2. METODE PENELITIAN

Dalam diagram alir penelitian dibutuhkan beberapa metode pengumpulan data guna mendukung penyelesaian pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan untuk mencari sumber dan mengetahui beberapa teori yang digunakan dalam pembuatan sistem penyapu pada robot pembersih lantai.

2. Analisa Sistem

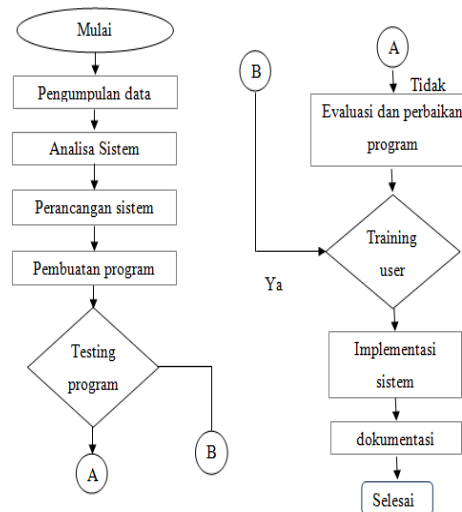
Analisa Sistem ini dilakukan untuk mengetahui komponen apa saja yang dibutuhkan dalam sistem dan mendiagnosis persoalan yang ada untuk memperbaiki sistem penyapu pada robot pembersih lantai.

3. Perancangan Sistem

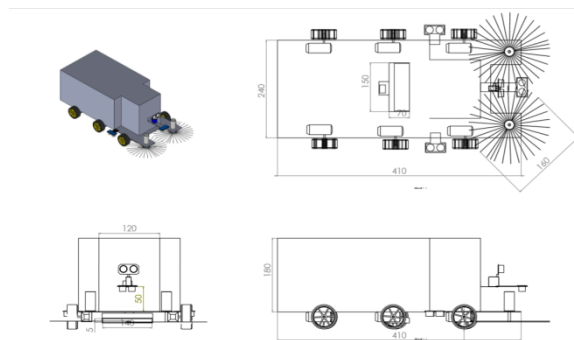
Dalam perancangan sistem ini terbagi menjadi tiga, perancangan robot, perancangan Elektrikal dan pemograman merupakan proses yang dilakukan untuk mendapatkan hasil suatu rancangan yang mudah dipahami.

4. Pengukuran dan pengujian

Dalam penelitian ini dibutuhkan pengukuran untuk mengetahui torsi dan daya yang dibutuhkan serta mengetahui kinerja dari sistem penyapu robot pembersih lantai.



Perancangan Design Robot



Gambar 1. Design robot

Bentuk Desain robot ini mempunyai tinggi 180 mm dan Chassis ukuran 410 x 240 mm. Ruang antara plat memberikan keluasaan untuk meletakkan komponen elektrik dan hardware lainnya. Jarak antara Chassis dan tanah 30 mm diameter roda 50 mm. Empat buah motor DC ditempelkan di plat yang paling bawah, serta di sistem penyapu memiliki *Side Brush* dengan diameter 160 mm yang memiliki 6 Arm dengan setiap Arm nya memiliki panjang keseluruhan 65 mm yang berfungsi untuk menyapu debu dan kotoran.

Perancangan Elektrikal Pemrograman

Dalam pembuatan sebuah robot tentunya tidak terlepas dari adanya system elektrikal. Oleh karena itu untuk mendapatkan sistem elektrikal sesuai kebutuhan makan perlu dilakuakn perancangan elektrikal. Adapun perancangan disini adalah pembuatan regulator, pemasangan motor DC, penempatan side brush, pemasangan sensor encoder, pengaturan tombol dan penampilan pada LCD.

Pemograman robot pada umumnya dilakukan ditahap akhir, setelah perancangan mekanik dan elektrik terselesaikan. Karena dalam proses pemograman pada umumnya programmer melakukan dengan cara uji coba alat. Sehingga untuk melakukannya komponen perangkat robot harus dapat dioperasikan. Fungsi dari robot ini adalah robot untuk membersihkan permukaan lantai yang kotor menjadi bersih. Dalam perancangan program sistem penyapu robot pembersih lantai ini *side brush* sebagai batang penyapu akan berputar berlawanan arah untuk membersihkan lantai. Berikut adalah gambar pemograman pada sistem penyapu robot pembersih lantai.

```

sistem_penyapu.pgm, Arduino IDE
File Edit Sketch Tools Help
sistem_penyapu.pgm
#include <liquidCrystal.h>

const int rs = 38, rw = 40, rd = 41, ds = 42, de = 43, dt = 44;
LiquidCrystal lcd(rs, rw, rd, ds, de, dt);
int encoderPinA = 16;
int encoderPinB = 17; // connect relay to pin 4
int encoderPinD_2 = 20;
int encoderPinD_1 = 19;
const unsigned long sampleTime = 1000; // one minute of sample time
int num = 0;
int totalRM = 0;

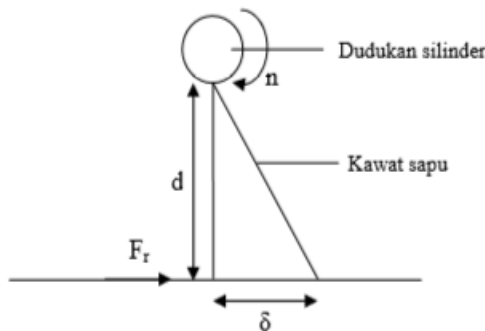
void setup()
{
  // pinMode(hallSensorPin, INPUT);
  // pinMode(relay, OUTPUT);
  pinMode(encoderPinA, INPUT);
  pinMode(encoderPinB, INPUT);
  pinMode(encoderPinD_2, INPUT);
  pinMode(encoderPinD_1, INPUT);
  // digitalWrite(relay, LOW);
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
}
    
```

Gambar 2 . Pemrograman pada Arduino Mega2560Pro

Metode pengukuran dan pengujian

Pengukuran Torsi Motor DC

Pengukuran untuk mengetahui besarnya torsi silinder penyapu yang diakibatkan oleh gesekan sapu dengan lantai yang berdebu (Fr) disajikan pada Gambar 28.



Gambar 3. Skema pengukuran torsi pada bagian penyapu

Berdasarkan foto pada saat percobaan penyapuan, besarnya lendutan sapu dapat diketahui (d). Selanjutnya, dengan lendutan yang sama (d), diukur massa (m) yang diperlukan untuk mendapatkan lendutan sejauh (d) pada kawat sapu. Dengan cara ini diasumsikan bahwa :

$$Fr = m \cdot g \cdot jk \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

m = massa yang diperlukan untuk memperoleh lendutan sejauh d (kg).

g = gravitasi (m/s)

jk = jumlah kawat/batang yang bekerja bersamaan

Berdasarkan momen/torsi (M) pada silinder penyapu dihitung dengan persamaan[19] :

$$M = Fr \times d \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

d = lengan momen

Fr = torsi pada silinder penyapu

Besarnya daya (Pp) yang diperlukan oleh bagian penyapu dihitung dengan persamaan[20] :

$$P_p = 2\pi \times T_p \times \left[\frac{np}{60} \right] \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

T_p = Torsi silinder penyapu

n_p = kecepatan putar silinder penyapu

Pengukuran Daya Baterai Robot Pembersih Lantai

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui besarnya daya (P) pada baterai robot pembersih lantai yang dibutuhkan untuk menggerakkan sistem penyapu pada robot pembersih lantai.

Besarnya daya baterai (P_b) yang diperlukan oleh bagian penyapu dihitung dengan persamaan [20] :

$$P_b = V \times I \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

P_b = Daya listrik dengan satuan Watt (W)

V = Tegangan listrik dengan satuan Volt (V)

I = Arus listrik dengan satuan Ampere (A)

Pengujian Kinerja Sistem Penyapu Pada Robot Pembersih Lantai

Dalam pengujian kinerja rancang bangun sistem penyapu pada robot pembersih lantai ini, dilakukan dua jenis pengujian. Hal ini bertujuan untuk membandingkan antara hasil pengujian yang satu dengan hasil pengujian yang lainnya. Pengujian tersebut antara lain :

1) Pengujian menggunakan *side brush* dengan kecepatan putaran penyapuan 1000 Rpm.

2) Pengujian menggunakan *side brush* dengan kecepatan putaran penyapuan 1200 Rpm.

Dalam pengujian ini, luas areal pengujian yang dirancang adalah 1800 cm^2 dengan panjang alur pengujian 60 cm dan lebarnya 30 cm . Dalam pengujian ini, ditentukan jumlah debu (serbuk kopi) yang ditebar (m_o) adalah sebanyak 40 gram. Dalam pengujian ini, robot pembersih lantai dioperasikan dengan saklar On/Off dengan cara ditekan On atau Off, robot pembersih lantai dinyalakan. Selanjutnya robot pembersih lantai dioperasikan dengan bergerak maju dan lurus sehingga robot pembersih lantai menyapu debu (serbuk kopi) yang sudah ditebar. Debu yang dapat tersapu (m_t) dimasukkan ke dalam kantong plastic untuk ditimbang. Massa sisa debu yang masih terdapat di areal penyapuan (m_s) dimasukkan juga ke dalam kantong plastic yang lain, lalu ditimbang.

Dalam pengujian ini dilakukan 5 kali ulangan untuk tiap kecepatan penyapu. Berdasarkan data yang dihasilkan dari kedua pengujian tersebut, dihitung besarnya efisiensi penyapuan. Prosedur penghitungannya dijelaskan sebagai berikut :

Pengujian Efisiensi Penyapuan

Pengujian efisiensi penyapuan bertujuan untuk mengetahui besarnya debu (serbuk kopi) yang dapat disapu oleh bagian penyapu. Efisiensi penyapuan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [20] :

$$\eta_{\text{penyapuan}} = \frac{m_t}{m_o} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

η penyapuan = efisiensi penyapuan (%),

m_t = massa debu yang dapat disapu oleh bagian penyapu (gram),

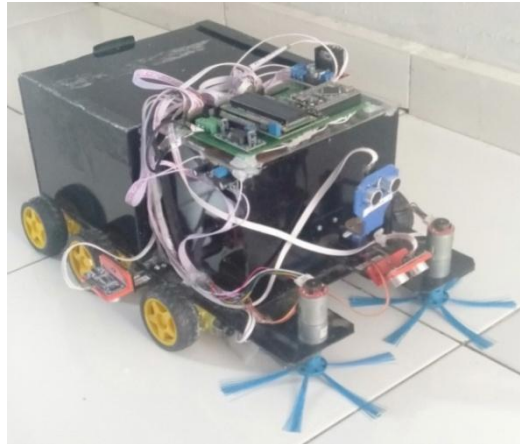
m_o = massa debu mula-mula yang ditebar di areal penyapuan (gram).

m_s = massa sisa debu yang masih terdapat di areal penyapuan (gram).

Massa debu yang dapat disapu (m_t) diperoleh dari hasil pengurangan massa debu mula-mula (m_o) oleh massa sisa debu yang masih terdapat di areal penyapuan (m_s).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Konstruksi Robot Pembersih Lantai

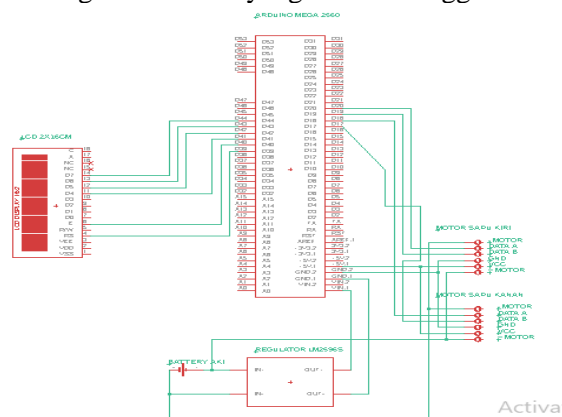


Gambar 4. Bentuk fisik robot pembersih lantai

Dari Gambar 29. Menunjukkan hasil dari desain robot pembersih lantai. Yang memiliki tinggi 180 mm dan chassis ukuran 410 x 240 mm. Ruang antara plat ini memberikan keluasaan untuk meletakkan komponen seperti vacuum, bak penampung debu serta baterai. Empat buah motor dc ditempatkan di plat paling bawah dengan Jarak antara chassis dan lantai 30 mm diameter roda 50 mm. Serta di sistem penyapu memiliki *side brush* dengan diameter 160 mm yang memiliki 6 arm dengan setiap arm nya memiliki panjang keseluruhan 65 mm yang berfungsi untuk menyapu debu (serbuk kopi).

Rangkaian Elektrikal

Berikut adalah hasil perancangan elektrikal yang dibuat menggunakan software Eagle 7.4.0.



Gambar 5. Rangkaian elektrikal sistem penyapu

- Arduino Mega2560Pro merupakan pusat pengontrolan sistem penyapu robot pembersih lantai yang terdapat program di dalamnya.
- Regulator LM2596S untuk meregulasikan tegangan 12V dari baterai ke Arduino 5V-6V dan untuk mengatur kecepatan penyapuan.
- LCD 2X16 untuk menampilkan data dan kecepatan(rpm) ke sistem kendali.
- Motor kanan dan Motor kiri merupakan alat penggerak sistem penyapu pada robot pembersih lantai yang bergerak sesuai perintah mikrokontroler untuk menggerakkan *side brush*.
- *Side brush* merupakan alat bantu untuk menyapu debu (serbuk kopi) pada robot pembersih lantai.
- Battery 12V10.000mAh mensuplai arus dan tegangan 12V secara langsung ke motor dc sebagai penggerak sistem penyapu.

Pemograman Sistem Penyapu

Adapun hasil dari program yang diisikan ke dalam sistem penyapu pada robot pembersih lantai dan mikrokontroler Arduino Mega2560Pro adalah sebagai berikut :

```
#include <LiquidCrystal.h>

const int rs = 39, en = 40, d4 = 41, d5 = 42, d6 = 43, d7 = 44;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
int encoder0PinA = 18;
int encoder0PinB = 17;// connect relay to pin 4
int encoder0PinA_2= 20;
int encoder0PinB_2 = 19;
const unsigned long sampleTime = 1000;      // one minute of sample time
int num = 0;
int totRPM = 0;

void setup()
{
  // pinMode(hallSensorPin,INPUT);
  //pinMode(relay, OUTPUT);
  pinMode(encoder0PinA,INPUT);
  pinMode(encoder0PinB, INPUT);
  pinMode(encoder0PinA_2,INPUT);
  pinMode(encoder0PinB_2, INPUT);
  //digitalWrite(relay, LOW);
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
}
void loop()
{
  delay(10);
  int rpm = getRPM();

}
int getRPM()
{
  int countRpm =0;
  int countRpm_2 =0;
  int count = 0;
  int count_2 = 0;
  boolean countFlag = LOW;
  boolean countFlag_2 = LOW;
  unsigned long currentTime = 0;
  unsigned long startTime = millis();
  while (currentTime <= sampleTime)
  {
    if (digitalRead(encoder0PinA_2) == HIGH){
      countFlag = HIGH;
    }
    if (digitalRead(encoder0PinB_2) == HIGH){
      countFlag_2 = HIGH;
    }
    if (digitalRead(encoder0PinA_2) == LOW && countFlag == HIGH){
```

```

    //if(digitalRead(encoder0PinA) == HIGH ){
    count++;
    countFlag=LOW;//}
    }
    if (digitalRead(encoder0PinB_2) == LOW && countFlag_2 == HIGH){
    count_2++;
    countFlag_2=LOW;//}
    }

    currentTime = millis() - startTime;
    //Serial.print("P");

}
countRpm = 2 * count; // used a multiplier when changing the sample time
countRpm_2 = 2 * count_2;
Serial.print("Rpm penyapu_1-->");
Serial.println(countRpm);
Serial.print("Rpm penyapu_2-->");
Serial.println(countRpm_2);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(countRpm);
lcd.setCursor(6,1);
lcd.print("RPM");

return countRpm;
}

```

Pengukuran Torsi Motor DC Pada Sistem Penyapu Robot Pembersih Lantai

Hasil Pengukuran Torsi Motor DC

Untuk mengetahui daya yang diperlukan untuk menggerakkan bagian penyapu, harus diketahui besarnya torsi pada silinder penyapu. Oleh karena itu dilakukan pengukuran sederhana untuk mengetahui besarnya torsi pada silinder penyapu. Berdasarkan pengukuran besarnya torsi silinder penyapu yang diakibatkan oleh gesekan sapu dengan lantai yang berdebu (F_r), diperoleh data sebagai berikut :

d = lengan momen = 6,5 cm = 0,065 m

δ = Simpangan/ledutan penyapuan = 7 cm = 0,07 m

m = 40 gram = 0,04 kg.

jumlah *arm side brush* dalam 1 bilahan pada bagian penyapu adalah :

$$\sum \text{armsidebrush} = \frac{6\text{arm}}{\text{bagian}} \times \frac{6\text{bagian}}{\text{bilahan}} = 36\text{arm/bilahan}$$

Berdasarkan data diatas, besarnya (F_r) dapat dihitung dengan persamaan (1) sebagai berikut :

$$F_r = 9,8 \times 0,04 \times 36 = 14,11 \text{ N}$$

Besarnya momen pada bagian penyapu dihitung dengan persamaan (2) sebagai berikut :

$$M = 14,11 \text{ N} \times 0,065 \text{ m}$$

$$M = 0,92 \text{ Nm}$$

Torsi penyapuan (T_p) = Momen = 0,92 Nm

Berdasarkan perhitungan, kecepatan putar bagian penyapu yang diperlukan untuk menyapu debu pada kecepatan 1000 rpm dan 1200 rpm.

Besarnya daya (P_p) yang diperlukan bagian penyapu dihitung dengan persamaan (3) sebagai berikut :

$$P_p = 2\pi \times 0,92 \times \left[\frac{1000}{60}\right] = 96,29 \text{ W}$$

$$P_p = 2\pi \times 0,92 \times \left[\frac{1200}{60}\right] = 115,55 \text{ W}$$

Pengukuran Daya Baterai Pada Robot Pembersih Lantai

Hasil Pengukuran Daya Baterai

Berdasarkan perhitungan, daya baterai yang dibutuhkan oleh bagian sistem penyapu pada robot pembersih lantai yang diperlukan untuk menyapu debu pada kecepatan 1000 rpm dan 1200 rpm.

Besarnya daya baterai (Pb) yang diperlukan bagian penyapu dihitung dengan persamaan (4) sebagai berikut :

$$P_b = V \times I$$

$$\text{Dik : } V = 4 \text{ Volt, } I = 1000 \text{ mAh}$$

Jumlah Baterai Lithium yang digunakan = 32 pcs, dengan konfigurasi wiring = 3×10 atau 3 Cell 10 Paralel.

Sehingga diperoleh hasilnya :

$$V = 4 \times 3 = 12 \text{ Volt.}$$

$$I = 1000 \text{ mAh} \times 10 = 10.000 \text{ mAh}$$

Maka besarnya daya yang dibutuhkan sistem penyapu adalah :

$$P_b = 12 \times 10.000 = 120.000 \text{ mWatt}$$

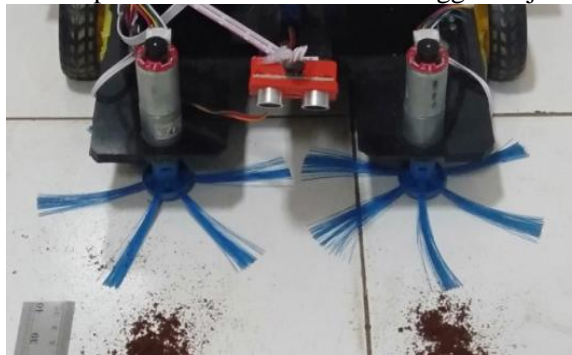
$$= 120 \text{ Watt}$$

Daya baterai penyapu (Pb) = 120 Watt.

Kinerja Sistem Penyapu Pada Robot Pembersih Lantai

Hasil Pengujian Menggunakan *Side Brush* Dengan Kecepatan Putaran Penyapu 1000 Rpm

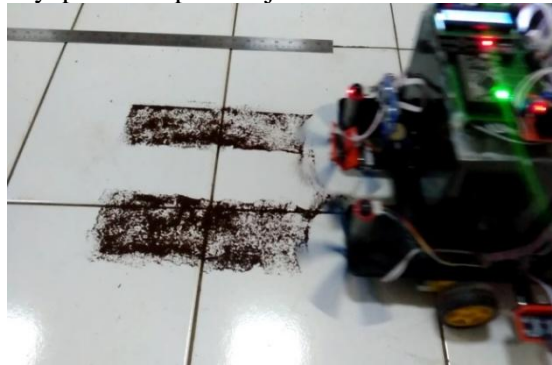
Rancang bangun sistem penyapu pada robot pembersih lantai dengan menggunakan *side brush* sebagai batang penyapu berbahan plastik sintetis berkualitas tinggi disajikan dalam Gambar 31.



Gambar 6. Sistem penyapu pada robot pembersih lantai dengan kecepatan putaran penyapu 1000 rpm. Dalam pengujian ini, luas areal pengujian adalah 1800 cm^2 dengan panjang alur pengujian 60 cm dan lebarnya 30 cm . Dalam pengujian ini, ditentukan jumlah debu (serbuk kopi) yang ditebar adalah sebanyak 40 gram. Dalam pengujian ini, robot pembersih lantai dioperasikan dengan saklar On/Off dengan cara ditekan On atau Off, robot pembersih lantai dinyalakan. Skema penebaran debu (serbuk kopi) yang digunakan untuk pengujian ditampilkan pada Gambar 32.



Gambar 7. Debu (serbuk kopi) yang ditebar untuk pengujian Proses penyapuan debu pada pengujian robot pembersih lantai dengan menggunakan *side brush* dengan kecepatan putaran penyapu 1000 rpm disajikan dalam Gambar 33.



Gambar 8. Proses penyapuan debu(serbuk kopi) pada robot pembersih lantai menggunakan *side brush* dengan kecepatan 1000 rpm

Dalam proses penyapuan ini ternyata masih terdapat debu yang tidak masuk ke dalam tampungan debu. Hal ini menyebabkan adanya debu yang tertinggal di areal pengujian seperti diperlihatkan pada Gambar 34.



Gambar 9. Sisa debu (serbuk kopi) yang masih terdapat di areal pengujian

1) Hasil Pengujian Efisiensi Penyapuan Efisiensi penyapuan dihitung dengan menggunakan persamaan (5) sebagai berikut :

$$\eta_{\text{penyapuan}} = \frac{18,6}{40} \times 100\% = 46,5 \%$$

Hasil pengujian efisiensi penyapuan pada robot pembersih lantai dengan kecepatan 1000 rpm disajikan dalam Tabel 2. Sebagai berikut :

Tabel 1. Efisiensi penyapuan debu dengan kecepatan 1000 rpm

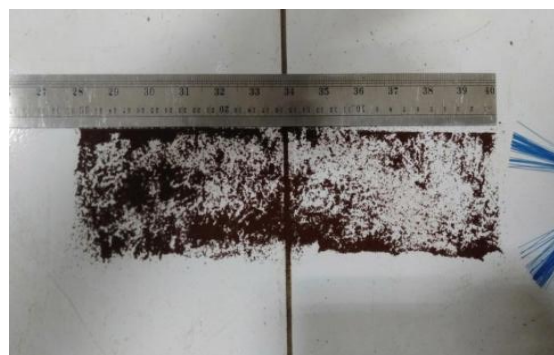
No	Massa debu awal (mo)(gram)	Massa sisa debu (ms)(gram)	Massa debu yang tersapu	Efisiensi Penyapuan (%)
1	40	17	23	57,5
2	40	23	17	42,5
3	40	19	21	52,5
4	40	20	20	50
5	40	28	12	30
rata-rata	40	21,4	18,6	46,5
max	40	17	23	57,5
min	40	28	12	30

Hasil pengujian Menggunakan *Side Brush* Dengan Kecepatan Putaran Penyapu 1200 Rpm

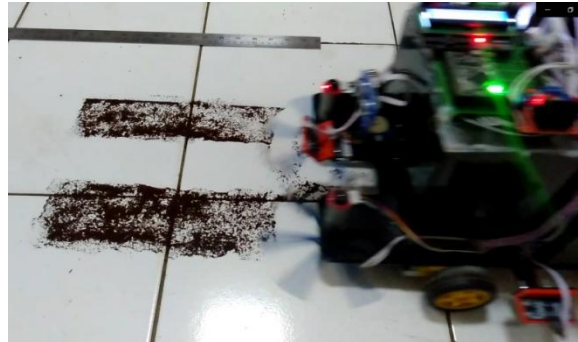
Rancang bangun sistem penyapu pada robot pembersih lantai dengan menggunakan *side brush* sebagai batang penyapu berbahan plastik sintetis berkualitas tinggi disajikan dalam Gambar 35.



Gambar 10. Sistem penyapu pada robot pembersih lantai dengan kecepatan putaran penyapu 1200 rpm. Dalam pengujian ini masih sama seperti pengujian yang pertama dengan luas areal pengujian adalah 1800 cm^2 dengan panjang alur pengujian 60 cm dan lebar 30 cm . Dalam pengujian ini, ditentukan jumlah debu (serbuk kopi) yang ditebarkan adalah sebanyak 40 gram . Dalam pengujian ini, robot pembersih lantai dioperasikan dengan saklar On/Off dengan cara ditekan On atau Off robot pembersih lantai dinyalakan. Skema penebaran debu (serbuk kopi) yang digunakan untuk pengujian ditampilkan pada Gambar 36.



Gambar 11. Debu (serbuk kopi) yang ditebar untuk pengujian. Proses penyapuan debu pada pengujian robot pembersih lantai dengan menggunakan *side brush* dengan kecepatan putaran penyapu 1200 rpm disajikan dalam Gambar 37.



Gambar 11. Proses penyapuan debu (serbuk kopi) pada robot pembersih lantai menggunakan *side brush* dengan kecepatan 1200 rpm

Dalam proses penyapuan ini ternyata masih terdapat debu yang tidak masuk ke dalam tampungan debu. Hal ini menyebabkan adanya debu yang tertinggal di areal pengujian seperti diperlihatkan pada Gambar 38.



Gambar 12. Sisa debu (serbuk kopi) yang masih terdapat di areal pengujian

1) Hasil pengujian efisiensi penyapuan Efisiensi penyapuan dihitung dengan menggunakan persamaan (5) sebagai berikut :

$$\eta_{\text{penyapuan}} = \frac{23,2}{40} \times 100\% = 58 \%$$

Hasil pengujian efisiensi penyapuan pada robot pembersih lantai dengan kecepatan 1200 rpm disajikan dalam tabel 3. Sebagai berikut :

Tabel 2. Efisiensi penyapuan debu dengan kecepatan 1200 rpm

No	Massa debu awal (mo)(gram)	Massa sisa debu (ms)(gram)	Massa debu yang tersapu (mt)(gram)	Efisiensi Penyapuan (%)
1	40	17	23	57,5
2	40	19	21	52,5
3	40	18	22	55
4	40	14	26	65
5	40	16	24	60
rata-rata	40	16,8	23,2	58
max	40	14	26	65
min	40	19	21	52,5

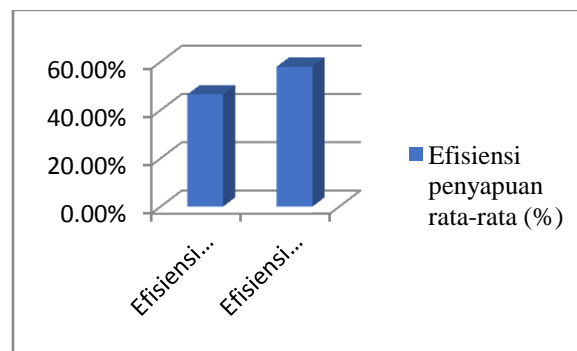
Berdasarkan kedua hasil pengujian tersebut, diketahui bahwa efisiensi penyapuan menggunakan *side brush* memiliki rata-rata berturut-turut dari yang terbesar dengan kecepatan 1000 rpm (46,5%), dengan kecepatan 1200 rpm (58%).

Efisiensi penyapuan menggunakan *side brush* dengan kecepatan 1200 rpm lebih besar dari kecepatan 1000 rpm menunjukkan bahwa sistem penyapuan menggunakan *side brush* dengan kecepatan 1200 rpm lebih baik digunakan untuk menyapu debu (serbuk kopi) dibandingkan dengan kecepatan 1000 rpm. Hal ini disebabkan oleh adanya mekanisme pengarah debu supaya lebih terarah untuk masuk ke penampungan debu dibagian sistem penyedot (*vacuum*).

Berdasarkan pengujian sistem penyapu pada robot pembersih lantai dengan kecepatan 1200 rpm, efisiensi rata-ratanya adalah 58%. Untuk pengujian ini, nilai efisiensi tersebut cukup baik. Hal ini dikarenakan kecepatan 1200 rpm memiliki kemampuan untuk melontarkan debu sehingga debu dapat terhisap oleh bagian sistem penyedot (*vacuum*). Nilai efisiensi penyapuan tidak mencapai 100%. Hal ini dikarenakan pada saat penyapuan, ada sebagian debu yang disapu, tidak dapat dilontarkan ke bagian penyaluran. Salah satu penyebabnya adalah kecepatan putar penyapu sebesar 1200 rpm menimbulkan efek angin. Efek angin tersebut menyebabkan debu yang akan masuk dan terhisap oleh bagian *vacuum* menjadi terhembus keluar.

Pada pengujian sistem penyapu dengan kecepatan 1000 rpm, memiliki kecepatan yang cukup baik sehingga dapat melontarkan debu ke dalam sistem penyedot (*vacuum*). Berdasarkan pengujian, efisiensi penyapuan rata-rata dengan kecepatan 1000 rpm adalah 46,5%. Nilai efisiensi penyapuan tersebut dibawah nilai efisiensi penyapuan dengan kecepatan 1200 rpm. Hal ini disebabkan oleh kemampuan melontarkan debu (serbuk kopi) pada kecepatan 1000 rpm lebih kecil dari kemampuan melontarkan debu dengan kecepatan 1200 rpm, sehingga hanya sebagian debu (serbuk kopi) yang dapat masuk ke dalam sistem penyaluran (*vacuum*).

Perbandingan efisiensi penyapuan rata-rata pada kedua pengujian tersebut disajikan dalam Gambar 39.



Gambar 13. Grafik perbandingan efisiensi penyapuan rata-rata

Berdasarkan grafik pada Gambar 39. dapat dilihat bahwa efisiensi penyapuan kurang dari 100%. Salah satu penyebab rendahnya efisiensi penyapuan debu (serbuk kopi) ini adalah adanya efek angin pada sistem penyapu yang dihasilkan oleh kecepatan putar yang tinggi, sehingga efisiensi penyapuan rata-rata dengan kecepatan 1000 rpm adalah 46,5% sedangkan efisiensi penyapuan rata-rata dengan kecepatan 1200 rpm adalah 58%. Hal ini dikarenakan adanya debu (serbuk kopi) hasil penyapuan yang terlempar lagi keluar dan tidak masuk ke dalam sistem penyaluran (*vacuum*).

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Rancang bangun sistem penyapu pada robot pembersih lantai telah berhasil dibuat dan dapat berfungsi dengan baik.
2. Rangkaian elektrik yang dibuat sudah sesuai dengan sistem penyapu pada robot pembersih lantai.
3. Pemograman sistem penyapu hanya bisa membaca hasil kecepatan *motor dc* yang dibaca oleh *encoder* yang ditampilkan ke *LCD*, untuk putaran kecepatan motor penyapu masih manual menggunakan *Regulator LM2596S* yang di turunkan tegangannya untuk mendapatkan hasil kecepatan yang bervariasi.
4. Efisiensi penyapuan rata-rata pada pengujian kecepatan 1000 rpm dan pengujian kecepatan 1200 rpm berturut-turut adalah 46,5% dan 58%.

Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa sistem penyapu dengan kecepatan 1200 rpm lebih baik digunakan sebagai kecepatan putar sistem penyapu pada robot pembersih lantai dibandingkan dengan kecepatan 1000 rpm.

Saran

Untuk meningkatkan hasil efisiensi penyapuan rata-rata yang lebih baik pada sistem penyapu harus dipasangkan cover untuk menutupi penyapu (*side brush*), sehingga debu yang disapu tidak bertebaran keluar. Untuk itu penulis menyarankan agar pengembangan robot ini dapat dirancang sedemikian rupa sehingga menjadi karya yang lebih baik dan bermanfaat.

Daftar Pustaka

- Yuni Haryati. 2016. Rancang bangun robot pembersih lantai menggunakan mobile device. Jurnal Skripsi. Tangerang: Sekolah Tinggi Manajemen Dan Ilmu Komputer (STMIK) Raharja.
- Afwan Zikri, Anton Hidayat, Derisma. 2015. Rancang Bangun Robot Vacuum Cleaner Berbasis Mikrokontroler. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi Terapan (SEMANTIK) ; Universitas Andalas, 2015.
- Djuandi, Feri. 2011. Pengenalan Arduino. Jakarta: Elexmedia.
- Putra, Dimas Harind Yudha, Riswan Dinzi. 2014. Studi Pengaturan Kecepatan Motor Dc Shunt Dengan Metode Ward Leonard. Sumatera: Universitas Sumatera Utara (USU).
- Budi Satria; Hendra Wijaya; Rudy Susanto. 2012. ROBOT PEMBERSIH DEBU OTOMATIS. Jurnal Teknik Komputer, Universitas Bina Nusantara Vol. 20 No.1 Februari 2012: 15 - 22.
- Dwi Purnomo. 2017. Model Prototyping Pada Pengembangan Sistem Informasi. Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan, Universitas Widyagama Malang Vol.2 No.2 Agustus 2017 ISSN 2503-1945.
- Setya Ardhi S.T.,M.Kom, Dr. Ir. Hari Sutiksno M.T. 2016. Perancangan dan Pembuatan Prototipe Alat Pembersih Lantai dengan Kendali dari Jaringan Bluetooth. Seminar Internasional dan Konferensi Nasional IDEC 2016 ISBN: 978-602-70259-4-3 Surakarta, 03 – 04 Mei 2016
- Ujang Hendar.2009. Rancang Bangun Bagian Penyapu Pada Mesin Penyapu Jalan. Jurnal Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Sugiarto, B. 2009. Mesin Penyapu Jalan (Road Sweeper) 5050 TSL. <http://ptpam.indonetwork.co.id/615271/mesin-penyapu-jalan-road-sweeper-5050-tsl.htm>. Di akses [10 November 2019].
- Sweeper A. J. 2008. Brosur Produk Street Sweeper VT605/VT650. Allianz Sweeper Company. USA.
- Rony H. 2014. Perancangan Sarana Penyapu Jalan Raya Untuk Kawasan Perkotaan (Manual Road Sweeper Machine). Politeknik Negeri Samarinda.
- Ria Angelina. 2018. Ini Wujud Nenek Moyang “Vacuum Cleaner” pertama di Bumi. <http://www.kompasiana.com>. Di akses [30 Oktober 2109].
- Sifa Ash-shudur. 2017. Mengenal Vacuum Cleaner Robotic Lebih Jauh LewatSejarahny.<http://www.kompasiana.com>. Di akses [1 November 2019].
- Arduino. 2016. Arduino Mega 2560 Pro.<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>. Di akses [10 November 2019]
- Yuliza, S.T,M.T, Umi Nur Kholifah. 2015.Robot pembersih lantai berbasis arduino dengan sensor ultrasonik.jurnal teknologi elektro, Universitas Mercu Buana Vol. 6 No. 3 Desember 2015.
- Onny. 2017. Prinsip Kerja Motor Listrik DC. (<http://artikel-teknologi.com/prinsip-kerja-motor-listrik>). Diakses pada 04 Mei 2019 pukul 05.30.
- Fajri, A. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring Keamanan Ruang Menggunakan Gerak. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Harsokoesoemo, D. 1999. Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk). Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Tinggi. Jakarta.
- Anwar. 1981. Bagian-Bagian Mesin. DepDikBud. Jakarta.
- Suastawa, IN. RPA Setiawan, U Ahmad, L Pujantoro. 2004. Statika dan Dinamika. Dep. TEP-IPB. Bogor.