

Analisis Rancang Bangun Pembangkit Listrik Dengan Mesin Sepeda Motor Dengan Penggerak Mula Terkendali

Arif Rahman*, Suwitno**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Dosen Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: arif_rahman0304@yahoo.com

ABSTRACT

Utilization of DC motors for moving the mechanical drive in place of the gas starter (prime mover). Which controlled by a controller to regulate the movement of the voltage controlled DC motor power window. Change of generator output voltage will read the sensor voltage V_{out} generator converted to a voltage which in this V_{dc} . Voltage read ATMEGA8 Mikrokontroler IC by using the ADC will determine the movement of the motor as the controller of gas, if the voltage is less than 220 V to its minimum voltage of the motor which has coupled on gas prime movers will rotate clockwise so the motor is pulling gas to reach the expected speed of the generator and its reverse in case of overspeed which causes more stress then the generator will rotate anti-clockwise so that the gas will drop to adjust the speed generator. So, rotation of DC motors forward and reverse and at a predetermined voltage level is normal voltage 220 -230 V motor will stop, and will hold the gas engine driving the generator speed will be maintained so long as the voltage under normal conditions 220-230 V.

Keywords: DC Motor, DC Motor Driver, mikrokontroler ATMEGA8, V_{dc} Power Supply.

1. PENDAHULUAN

Salah satu bentuk energi yang paling dibutuhkan manusia sekarang ini adalah energi listrik. Manusia membutuhkan energi listrik untuk keperluan rumah tangga, industri, transportasi dan lainnya. Pembangkit Tenaga Listrik adalah salah satu bagian dari sistem tenaga listrik, pada Pembangkit Tenaga Listrik terdapat peralatan elektrikal, mekanikal, dan bangunan kerja. Terdapat juga komponen-komponen utama pembangkitan yaitu generator, turbin yang berfungsi untuk mengkonversi energi (potensi) mekanik menjadi energi (potensi) listrik.

Dalam pembangkit konvensional, dalam perancangan suatu pembangkit listrik kita

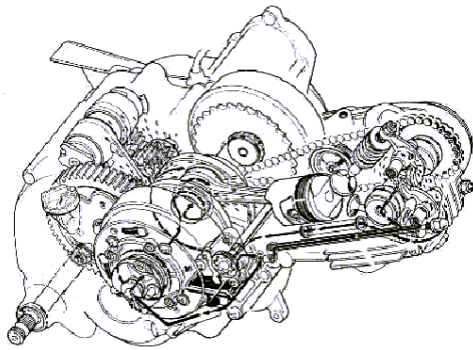
harus mendapatkan putaran untuk turbin sebagai penggerak mula, generator dan penguatan arus yang dibutuhkan yang sesuai dengan keadaan di lapangan. Oleh karena itu penulis mencoba membahas yaitu “*Analisis Rancang Bangun Pembangkit Listrik Dengan Mesin Sepeda Motor Dengan Penggerak Mula Terkendali*”. Agar bisa dimanfaatkan sehingga dapat terciptanya sumber energi listrik alternatif.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Prime Mover (Penggerak Mula)

Prime mover merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor.

Pada pembangkit ini menggunakan penggerak mula dari mesin sepeda motor yang di *couple* langsung dengan roda gigi (gigi tarik) ke generator sinkron AC 220 V, 3 KW.



Gambar 2.1 Mesin sepeda motor

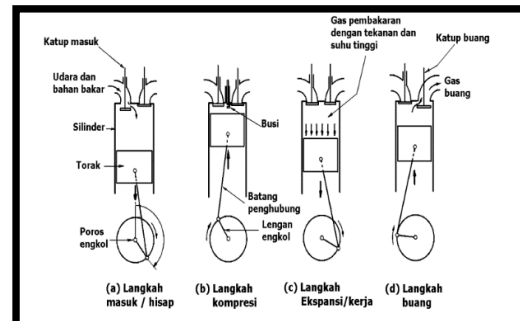
Dengan mesin sepeda motor sebagai penggerak mula akan dihasilkan putaran yang langsung ke generator. Putaran adalah salah satu faktor yang penting yang memberi pengaruh besar terhadap tegangan yang timbul oleh arus bolak-balik. Listrik yang dihasilkan generator harus sebanding dengan kecepatan putar generator tersebut. Dalam hal ini rotor sebagai bagian yang bergerak terdiri atas Rangkaian elektromagnet dengan arus searah (DC) sebagai sumber arusnya. Medan magnet rotor akan bergerak sesuai dengan arah putaran rotor.

Tegangan dan arus bolak-balik (AC) yang dihasilkan oleh generator umumnya mempunyai frekuensi diantara 50 Hz – 60 Hz. Untuk menentukan jumlah pasang kutub (p) atau kecepatan putar rpm (n), besarnya frekuensi harus sebanding dengan jumlah kutub dan kecepatan putarannya.

2.2 Motor Bakar Bensin

Motor bensin atau yang lebih dikenal dengan motor pembakaran nyala (*spark ignition engine*) bekerja berdasarkan siklus Otto, yaitu siklus empat langkah yang dikenal dengan motor empat langkah dan siklus dua langkah yang dikenal dengan motor dua langkah. Motor bensin termasuk dalam motor pembakaran dalam yang memanfaatkan bahan bakar bensin untuk menghasilkan pembakaran dengan bantuan oksigen di udara, sehingga timbul panas yang kemudian dimanfaatkan menjadi energi mekanik. Pembakaran dapat terjadi karena busi menghasilkan loncatan bunga api listrik yang menyalakan campuran bahan bakar dan

udara pada ruang bakar. Pembakaran bahan bakar dan udara ini menyebabkan motor menghasilkan daya pada langkah ekspansi. Seperti Gambar 2.2



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Langkah

2.3 Generator

Generator berfungsi mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak-balik. Generator sinkron sering disebut juga sebagai alternator, generator AC (*alternating current*), atau generator AC bolak balik. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator. Mesin ini tidak dapat dijalankan sendiri karena kutub-kutub rotor tidak dapat tiba-tiba mengikuti kecepatan medan putar pada waktu saklar terhubung dengan jala-jala.

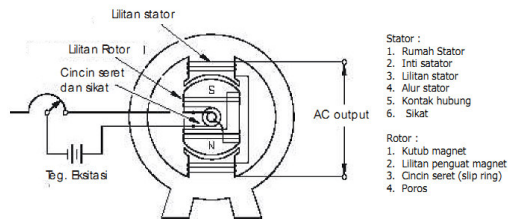
2.4 Kontruksi Generator

Konstruksi generator arus bolak-balik ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu :

1. Stator yakni bagian diam yang mengeluarkan tegangan bolak-balik; dan
2. Rotor yakni bagian bergerak yang menghasilkan medan magnet yang menginduksikan ke stator.

Stator terdiri dari badan generator yang terbuat dari baja yang berfungsi melindungi bagian dalam generator, kotak terminal pada generator. Inti Stator yang terbuat dari bahan feromagnetik yang berlapis-lapis dan terdapat alur-alur tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator yang merupakan tempat untuk menghasilkan tegangan. Sedangkan, rotor berbentuk kutub sepatu (*salient*) atau kutub dengan celah udara sama rata (*rotor silinder*).

Konstruksi dari generator sinkron ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.

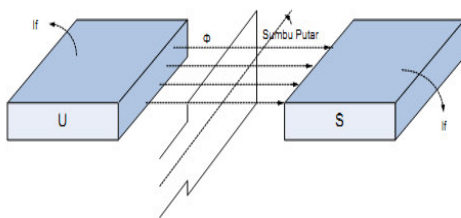


Gambar 2.3 Kontruksi generator sinkron

2.5 Prinsip Kerja Generator

Generator serempak (sinkron) adalah suatu penghasil tenaga listrik dengan landasan hukum Faraday. Jika pada sekeliling penghantar terjadi perubahan medan magnet, maka pada penghantar tersebut akan dibangkitkan suatu gaya gerak listrik (GGL) yang sifatnya menentang perubahan medan tersebut. Untuk dapat terjadinya gaya gerak listrik (GGL) tersebut diperlukan dua kategori masukan, yaitu:

1. Masukan tenaga mekanis yang akan dihasilkan oleh penggerak mula (*prime mover*).
2. Arus masukan (I_f) yang berupa arus searah yang akan menghasilkan medan magnet yang dapat diatur dengan mudah. Di bawah ini akan dijelaskan secara sederhana cara pembangkitan listrik dari sebuah generator.



Gambar 2.4 Sistem pembangkit generator

2.6 Kecepatan Putar Generator Sinkron

Kecepatan putaran suatu generator sinkron tergantung kepada penggerak mulanya. Jadi apabila putaran mesinnya tinggi, maka putaran pada generator juga akan tinggi. Dan jika sebaliknya, jika putaran mesin rendah maka putaran pada generator juga akan rendah.

Putaran pada generator selalu dijaga konstan agar tegangan yang dihasilkan generator sinkron tetap konstan. Untuk menentukan besarnya frekuensi yang dihasilkan

oleh generator dapat dicari berdasarkan besarnya jumlah putaran dan banyaknya jumlah pasang kutub pada generator sinkron, sehingga diperoleh hubungan dengan Persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$f = \frac{Pn}{120} \quad (2.1)$$

dimana :

f = frekuensi listrik (Hz)

P = jumlah kutub pada rotor (kutub)

n = kecepatan putaran rotor (rpm)

Umumnya frekuensi listrik yang dihasilkan suatu generator sinkron di Indonesia 50 Hz. Ini berarti untuk generator sinkron yang mempunyai 4 kutub diperlukan sebanyak 25 putaran setiap detik atau sama dengan $60 \times 25 = 1500$ putaran per menit. Untuk menjaga frekuensi yang dihasilkan generator sinkron sebesar 50 Hz dan generator sinkron yang mempunyai jumlah kutub pada rotornya lebih dari satu pasang maka jumlah putarannya ini disesuaikan dengan persamaan di atas.

Kecepatan putaran juga sangat berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan generator sinkron. Jika putarannya turun, maka tegangan generator sinkron juga akan turun dan apabila putarannya bertambah maka akan mengakibatkan bertambahnya tegangan yang dihasilkan oleh generator.

Jadi jika putaran generator sinkron bertambah maka akan mengakibatkan bertambahnya kemampuan pembangkitan daya dari generator sinkron. Tetapi biasanya dalam pengoperasiannya jumlah putaran generator sinkron dijaga konstan dan yang diatur biasanya adalah arus penguat medannya.

2.7 Daya yang dihasilkan Generator Sinkron

Generator untuk pembangkit listrik tenaga mesin sepeda motor menggunakan generator sinkron satu fasa. Daya yang dihasilkan oleh generator satu fasa dihitung dengan Persamaan 2.2.

$$P = VI \cos \alpha \quad (2.2)$$

dimana :

P = daya yang dihasilkan generator (watt)

V = tegangan terminal generator (volt)
 I = arus (ampere)
 $\cos \alpha$ = faktor daya

2.8 Automatic Voltage Control (AVR)

Automatic Voltage Regulator (Pengaturan Tegangan Otomatis) yang bekerja secara otomatis. Pembebanan digenerator atau pembangkit listrik mengakibatkan penurunan tegangan di output generator dimana pembebanan yang rasakan bervariasi. Untuk itu diperlukan pengaturan tegangan yang mampu mempertahankan keluaran generator yang konstan.

Tegangan generator sinkron dalam keadaan berbeban akan lebih rendah nilainya dari pada tegangan generator sinkron dalam keadaan tanpa beban. Nilai relatif, yaitu nilai selisih antara tegangan dalam keadaan berbeban penuh dengan keadaan tanpa beban biasanya disebut dengan regulasi tegangan atau *voltage regulation* (VR).

$$VR = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100\% \quad (2.3)$$

dimana:

VR = Regulasi tegangan (*voltage regulation*)

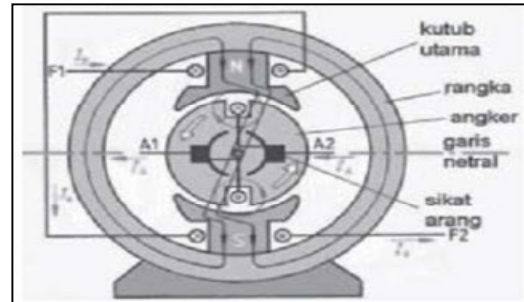
V_{NL} = Tegangan tanpa beban (*non load voltage*)

V_{FL} = Tegangan beban penuh (*full load voltage*)

Generator-generator sekarang dirancang dan dibuat untuk tegangan yang bervariasi akibat dari adanya variasi arus jangkar atau variasi beban yang menimbulkan turunnya tegangan (*voltage drop*) pada kumparan jangkar yang bervariasi pula. Jatuhnya tegangan impedansi tersebut tergantung kepada besar arus dan faktor daya beban.

2.9 Motor DC

Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula seperti pada Gambar 2.10. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor.



Gambar 2.5 Kontruksi motor DC

Konstruksi motor DC pada gambar 2.5 memiliki 2 bagian dasar, yaitu :

1. Bagian yang tetap/stasioner yang disebut stator. Stator ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektro magnet) ataupun magnet permanen; dan
2. Bagian yang berputar disebut rotor. Rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir.

Gaya elektromagnet pada motor DC timbul saat ada arus yang mengalir pada penghantar yang berada dalam medan magnet. Medan magnet itu sendiri ditimbulkan oleh megnet permanen. Garis-garis gaya magnet mengalir diantara dua kutub magnet dari kutub utara ke kutub selatan. Menurut hukum Gaya *Lourentz*, arus yang mengalir pada penghantar yang terletak dalam medan magnet akan menimbulkan gaya. Gaya F , timbul tergantung pada arah arus I , dan arah medan magnet B .

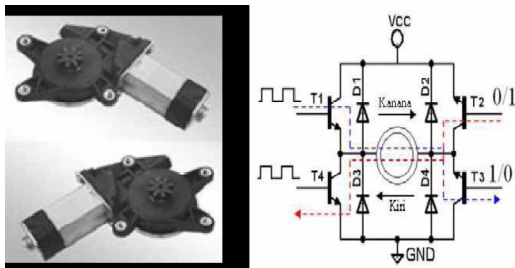
2.10 Rangkaian Driver Motor DC dengan L239D

Pada dasarnya beberapa aplikasi yang menggunakan motor DC harus dapat mengatur kecepatan dan arah putar dari motor DC itu sendiri. Untuk dapat melakukan pengaturan kecepatan motor DC dapat menggunakan metode PWM (*Pulse Width Modulation*) sedangkan untuk mengatur arah putarannya dapat menggunakan rangkaian *H-bridge* yang tersusun dari 4 buah transistor. Tetapi dipasaran telah disediakan IC L293D sebagai *driver* motor DC yang dapat mengatur arah putar dan disediakan pin untuk input yang berasal dari PWM untuk mengatur kecepatan motor DC. Untuk lebih memahami tentang membangkitkan sinyal PWM menggunakan fitur *timer* pada mikrokontroler *Bascom-AVR* dapat membacanya pada postingan tutorial

Bascom-AVR tentang PWM. Sebelum membahas tentang IC L293D, alangkah baiknya jika kita membahas *driver* motor DC menggunakan rangkaian analog terlebih dahulu.

Jika diinginkan sebuah motor DC yang dapat diatur kecepatannya tanpa dapat mengatur arah putarnya, maka kita dapat menggunakan sebuah transistor sebagai *driver*. Untuk mengatur kecepatan putar motor DC digunakan PWM yang dibangkitkan melalui fitur *timer* pada mikrokontroler. Sebagian besar *power supply* untuk motor DC adalah sebesar 12V, sedangkan keluaran PWM dari mikrokontroler maksimal sebesar 5V.

Oleh karena itu digunakan transistor sebagai penguat tegangan. Dibawah ini adalah gambar *driver* motor DC menggunakan transistor. Salah satu jenis motor yang sering digunakan dalam bidang kontrol yaitu Motor DC. Motor DC akan berputar jika dialiri tegangan dan arus DC. Berikut Gambar 2.16 adalah motor DC dan *H-bridge* yang digunakan pada rancangan alat ini:



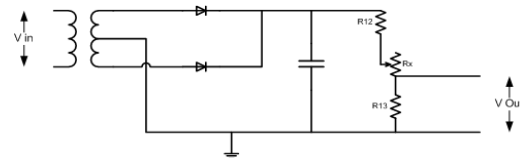
Gambar 2.6 Motor DC dan *H-bridge*

Sistem pengaturan motor DC yang sering digunakan pada sistem kontrol seperti pada gambar 2.10 yaitu dengan *H-bridge* yang pada dasarnya adalah 4 buah transistor yang difungsikan sebagai saklar. Pengaturan motor DC yaitu meliputi kecepatan dan arah. Pengaturan arah yaitu dengan cara membalik tegangan logika masukan *H-bridge*. Sedangkan sistem pengendalian kecepatan motor DC digunakan prinsip PWM (*Pulse Width Modulator*) yaitu suatu metode pengaturan kecepatan putaran motor DC dengan mengatur lamanya waktu pensaklaran aktif (*Duty Cycle*).

2.11 Sensor Tegangan

Bagian ini merupakan rangkaian untuk membaca hasil tegangan, yaitu dengan sistem

penyearah, sumber AC di ubah menjadi DC. Komponen utama dalam blok ini adalah transformator penurun tegangan dan dioda (Gambar 2.7).



Gambar 2.7 Sensor tegangan

Jadi, prinsip kerjanya adalah membandingkan V_{rms} dengan V_{out} yaitu dengan menggunakan R_{total} . Dari Gambar 2.7 diatas didapatkan Persamaan 2.4.

$$R_{total} = R_{12} + R_x + R_{13} \quad (2.4)$$

Setelah mendapatkan nilai R_{total} maka kita dapat menentukan V_{katoda_dioda} (*peak*) yaitu dengan Persamaan 2.5.

$$V_{katoda_dioda} (peak) = V_{sekunder} \times \sqrt{2} - V_{drop} \quad (2.5)$$

Jadi, I_{total} dapat dihitung untuk menentukan *ripple*-nya,

$$I_{total} = \frac{V_{katoda_dioda} (peak)}{R_{total}} \quad (2.6)$$

Maka, didapatkan V_{riple} dengan menggunakan Persamaan 2.7.

$$V_{riple} = \frac{I_{total}}{2fc} \quad (2.7)$$

Didapatkan tegangan dikaki kapasitor,

$$V_c = V_{katoda_dioda} (peak) - V_{riple} \quad (2.8)$$

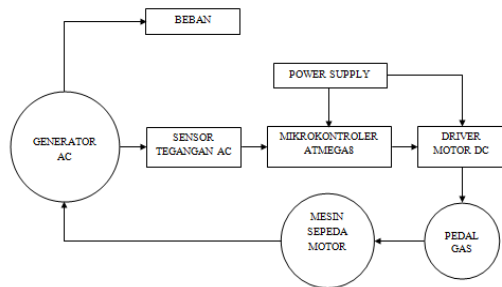
Jadi, Tegangan keluaran yang ditunjukkan persamaan dibawah merupakan tegangan searah (V_{out}) yang dibandingkan dengan nilai V_{rms} yaitu nilainya dihitung dengan Persamaan 2.9:

$$V_{out} = \frac{V_c \times R_{13}}{R_{total}} \quad (2.9)$$

Tegangan inilah nantinya yang menjadi input ADC ke mikrokontroler yang akan diubah menjadi PWM.

3. PERANCANGAN ALAT

3.1 Blok Diagram Kerja Alat



Gambar 3.1 Blok diagram kerja alat

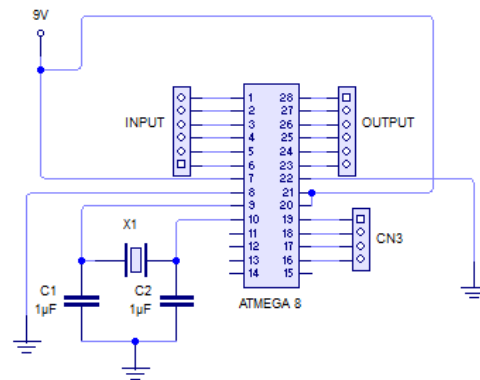
Keterangan Gambar 3.1:

1. *Power Supply*, berfungsi sebagai *supply* tegangan DC untuk mikrokontroler atmega8 dan *driver* motor DC.
2. Sensor Tegangan AC, berfungsi sebagai pendeteksi level tegangan pada generator AC dan memiliki keluaran tegangan analog sebagai input mikrokontroler atmega8 pada *input* analog.
3. Mikrokontroler ATMEGA8, sebagai pengolah data analog dari sensor tegangan generator AC dan akan memberi perintah ke *driver motor* DC sesuai dengan perintah program
4. *Driver* Motor DC, mendapat perintah dari mikrokontroler ATMEGA8 untuk melakukan perintah putar kanan, putar kiri, dan berhenti (*stop*).
5. Pedal Gas, akan digerakkan oleh motor DC melalui *driver* motor DC yang telah dirancang.
6. Mesin Sepeda Motor, akan mendapat pengaruh dari gas yang dikendalikan oleh mikrokontroler ATMEGA8.
7. Generator AC, akan digerak oleh mesin sepeda motor dan menghasilkan jala-jala tegangan AC.

3.2 Blok Diagram Kerja Alat

Untuk mendapatkan pengontrolan yang baik maka dibutuhkan komponen seperti ATMEGA8 dimana IC ini nantinya ditanamkan berupa program yang telah didesain agar IC ini bekerja sesuai dengan instruksi perintah program yang kita inginkan, dan komponen pendukung lain nya seperti *power supply* sebagai tegangan sumber kontrol dan ADC, *Crystal* 12 Mhz sebagai *oscillator external* untuk menghasilkan frekuensi tertentu yang mempengaruhi sistem kerja alat dalam mengolah data yang kita tanamkan pada IC kontrol ATMEGA8 tersebut, perintah yang dihasilkan oleh

rangkaian kontrol akan diinput kan ke IC L293 D, IC ini merupakan *driver* motor DC akan menggerakkan motor yang telah digabungkan pada tali gas penggerak mula.



Gambar 3.1 Sistem minimum ATEMEGA8

Keterangan Gambar 3.1:

- Pin 7 : Vcc 9 Volt
 Pin 8 : Ground
 Pin 17 : Keluran Mikrokontroler (PWM)
 Pin 21 : Aref (Referensi)
 Pin 28 : Dari Sensor sebagai kaki ADC
output

Kedua kapasitor (C_1 & C_2) yang terhubung dari kaki-kaki kristal ke *ground* adalah kapasitor beban (*load capacitance*) yang perlu untuk berfungsinya rangkaian osilator ini. Nilai total kapasitor beban akan mempengaruhi frekuensi getar sebuah kristal. Efek ini juga disebut *pulling*, dimana perubahan nilai kapasitor beban (atau mode resonansi, seperti disebutkan diatas) dalam rangkaian osilator kristal akan merubah frekuensi getar kristal tersebut.

$$C_L = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} + C_S \quad (3.1)$$

dimana:

- C_L = *Capasitansi Load optimum*, telah ditentukan sebesar 18pF
 C_S = *Capasitansi Stray PCB*, telah ditentukan sebesar 5pF
 C_{LEx} = *Capasitans Load external*, C_{LEx} ; $C_1 = C_2$

$$18\rho F = \frac{C_{LEx}}{2} + 5\rho F$$

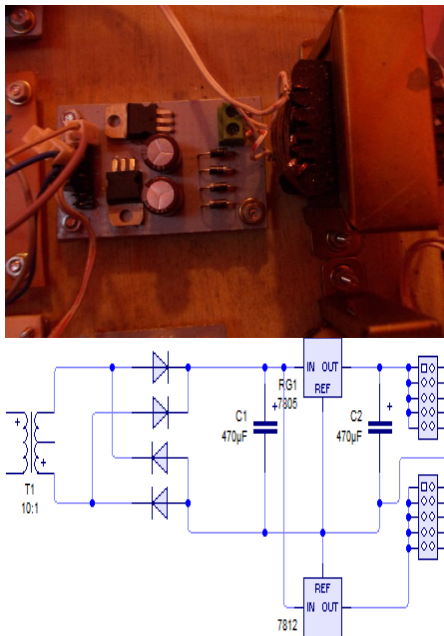
$$C_{LEx} = (18 - 5)\rho F \times 2$$

$$C_{LEx} = 26\rho F$$

Nilai C_1 dan $C_2 = 26$ pF, ini patokan nilai maksimalnya. Jika kapasitor yang dipasang lebih dari nilai maksimum, akan menyebabkan masalah *start up* dan penyimpangan terhadap osilasi *crystal*. C_1 dan C_2 yang dipasang dalam rangkaian osilator ini sebesar 22pF.

3.3 Blok Diagram Kerja Alat

Seluruh rangkaian dan komponen pendukung pada alat kontrol ini membutuhkan catu daya sebagai suplai arus, agar rangkaian dapat bekerja sesuai yang telah direncanakan pada penelitian ini tegangan catu daya yang dibutuhkan adalah 5 Volt dan 12 Volt dimana tegangan 5 volt akan disuplai ke rangkaian kontrol dan 12 Volt pada rangkaian *Driver Motor*.



Gambar 3.2 Rangkaian catu daya 12 Volt dan 5 Volt

Penentuan nilai kapasitansi kapasitor pada catu daya 12 Volt Rangkaian Motor DC Power Window ($I_d = 5$ A):

$$Z_b = \frac{V_{dc}}{I_{dc}}$$

$$Z_b = \frac{12}{5}$$

$$Z_b = 2,4\Omega$$

$$C = \frac{10}{n.\omega.Z_b}$$

$$C = \frac{10}{n.2\pi f.Z_b}$$

$$C = \frac{10}{2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 2,4}$$

$$C = \frac{10}{1507}$$

$$C = 1507\mu F$$

Untuk meminimalisir riak harmonisa digunakan kapasitor dengan kapasitas lebih besar dari hasil rancangan yaitu 4700µF. Penentuan nilai kapasitansi kapasitor pada catu daya 5 Volt Rangkaian *Driver Motor* ($I_d = 1$ A):

$$Z_b = \frac{V_{dc}}{I_{dc}}$$

$$Z_b = \frac{5}{1}$$

$$Z_b = 5\Omega$$

$$C = \frac{10}{n.\omega.Z_b}$$

$$C = \frac{10}{n.2\pi f.Z_b}$$

$$C = \frac{10}{2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 5}$$

$$C = \frac{10}{3140}$$

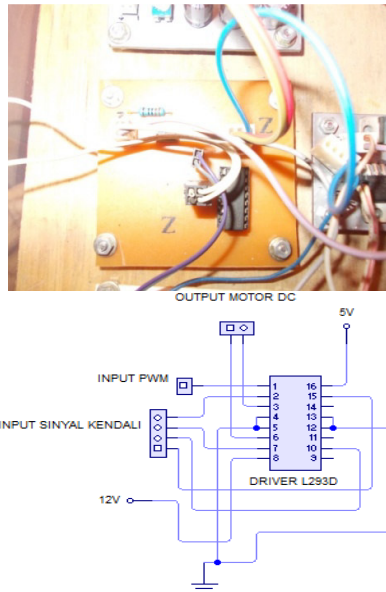
$$C = 3140\mu F$$

Untuk meminimalisir riak harmonisa digunakan kapasitor dengan kapasitas lebih besar dari hasil rancangan yaitu 4700µF. Sumber catu daya untuk AVR digunakan sumber dari luar yaitu suplai DC dengan maksimal 4 A, 40 V DC. Dimana dalam penelitian ini digunakan suplai DC yang variabel untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

3.4 Rangkain *Driver Motor* DC

Rangkaian *driver* motor ini menggunakan IC L293, dimana IC ini adalah IC yang didesain khusus sebagai *driver* motor DC dan dapat dikendalikan dengan rangkaian T TL maupun mikrokontroler. pada IC L293 ini sistem *driver* yang digunakan adalah totempole dalam 1 unit chip IC *driver* L293.

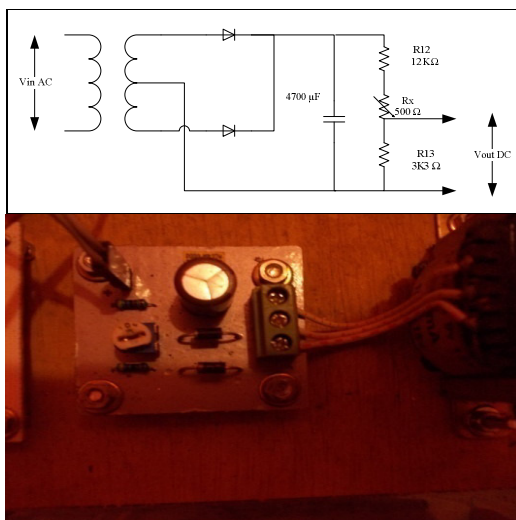
terdiri dari 4 buah *driver* motor DC yang berdiri sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1A tiap *driver* nya. pada penelitian ini IC ini akan mengatur pergerakan motor DC tersebut kekiri kekanan atau berhenti sesuai dengan perintah yang diberikan oleh rangkaian kontrol tersebut.



Gambar 3.3 Rangkaian *driver* motor L293D

3.5 Sensor Tegangan

Rangkaian sensor tegangan berfungsi untuk mengubah tegangan sumber menjadi tegangan DC (0 s/d +5V). Dengan demikian keluarannya dapat langsung dimasukkan ke ADC untuk di baca nilainya.

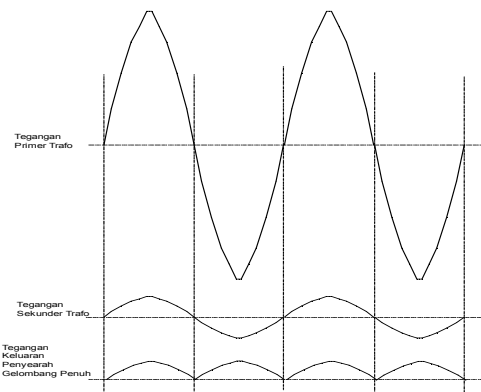


Gambar 3.4 Rangkaian sensor tegangan

Cara kerja sensor ini adalah tegangan sumber oleh trafo penurun tegangan di turunkan dengan rasio 15/220 V, yaitu jika primer trafo bernilai 220 VAC maka sekunder trafo bernilai 15 VAC. Tegangan pada sekunder di searahkan dengan dioda d3 dan d4 sehingga menjadi gelombang penuh. Tegangan pada katoda dioda penyearah dapat di hitung dengan :

$$\begin{aligned} V_{\text{primer(rms)}} &= 220 \text{ Vac} \\ V_{\text{katoda_Dioda (peak)}} &= V_{\text{sekunder(rms)}} \times \sqrt{2} - V_{\text{drop_Dioda}} \\ &= 15\text{V} \times 1,414 - 1,4\text{V} \\ V_{\text{katoda_Dioda(peak)}} &= 19,813 \text{ V} \end{aligned}$$

Kemudian oleh kapasitor C6 tegangan gelombang penuh ini di ubah menjadi tegangan DC.



Gambar 3.5 Hasil penyearah gelombang penuh

Tegangan DC pada kapasitor C6 masih terlalu tinggi untuk di masukkan ke ADC yang mempunyai batas tegangan masukkan 5V, untuk itu digunakan pembagi tegangan yang di implementasikan dengan R12 dan R13 dan Rx.

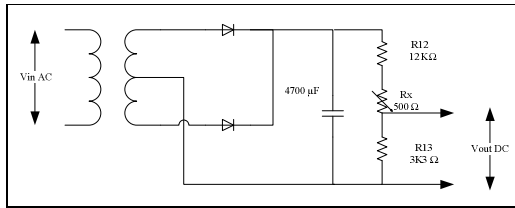
Dengan menggunakan R12 = 12k, Rx = 500 dan R13 = 3k3, dan saat tegangan *primer* trafo 220VAC, maka tegangan pada R13 dari rangkaian pembagi tegangan :

diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Frekuensi} &= 50 \text{ Hz} \\ \text{Kapasitor} &= 4700 \mu\text{f} \\ \text{Arus ADC (I}_{\text{ADC}}) &= 5\text{mA} \end{aligned}$$

Rasio sensor pada perancangan ini masih sangat memenuhi syarat untuk penggunaan ADC 10-bit. Dimana ADC 10-bit mempunyai sensitifitas setiap 1-bit adalah $5/1023 =$

$4,88 \times 10^{-3}$ V, yang artinya setiap perubahan $4,88 \times 10^{-3}$ V pada *input* ADC akan menyebabkan data digital berubah 1-bit.



Gambar 3.6 Model sensor tegangan

Dengan demikian dapat dilakukan penyesuaian dengan mengubah nilai VR3 dari 0 Ohm menjadi 500 KOhm dan hal ini dilakukan dengan mengabaikan perubahan arus total dikarenakan nilai yang sangat kecil, maka lebar pengaturan:

$$\text{Lebar pengaturan} = \frac{V_{\text{sensor}}(R_x = \text{min}) - V_{\text{sensor}}(R_x = \text{mak})}{\text{rasio sensor}}$$

$$\text{Lebar pengaturan} = \frac{(4,272 \text{ V} - 4,137 \text{ V})}{0,019}$$

$$\text{Lebar pengaturan} = 7,105 \text{ V}$$

4. ANALISA DAN PENGUJIAN ALAT

4.1 Pengujian Rangkaian Sensor

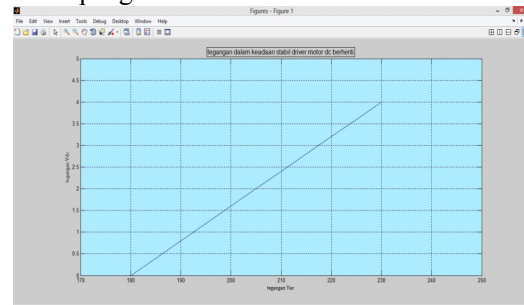
Pada pengujian sensor ini didapatkan hasil sesuai dengan perancangan yaitu perbandingannya seperti Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Hasil pengujian sensor

No	Vgenerator (V _{AC})	Vsensor (V _{DC})
1	220	4.35
2	215	4.2
3	210	4.05
4	205	3.9
5	200	3.75
6	195	3.6
7	190	3.45
8	185	3.3
9	180	3.15

Dari tabel hasil pengujian sensor, diperoleh pembacaan mulai dari tegangan 180 V sampai 220 V dirancang mendapatkan V_{DC} 3.15 V sampai 4.35 V dimana bertujuan untuk mencegah kerusakan pada mikrokontroler karena pembacaan maksimal mikrokontroler ATMEGA8 maksimal 5.5 Volt. Maka

pembacaannya akan disesuaikan dengan bit untuk pengaturan di mikrokontroler.



Gambar 4.1 Grafik tegangan dalam keadaan stabil *driver* motor DC

4.2 Pengujian Rangkaian PWM

Pengujian ini sesuai dengan persamaan berikut :

$$\text{prescaler} = \frac{V_{\text{sensor}}}{5V} \times 1023$$

Setelah mendapatkan jumlah bit maka dikonversi lagi ke PWM :

$$\%PWM(\text{Duty cycle}) = \frac{\text{prescaler}}{1023 (\text{Ekivalen dengan } 100 \%)} \times 100 \%$$

Contoh untuk perhitungan Tabel 4.2

Saat V_{Sensor} (4,35 Volt):

$$\text{prescaler} = \frac{4,35}{5} \times 1023 = 890$$

Saat V_{Sensor} (4,35 Volt):

$$\%PWM = \frac{890}{1023} \times 100\% = 87$$

Tabel 4.2 Pengujian PWM

No	Vsensor (V _{DC})	Prescaler	PWM (%)
1	4.35	890	87
2	4.2	860	84
3	4.05	829	81
4	3.9	798	78
5	3.75	768	75
6	3.6	737	72
7	3.45	706	69
8	3.3	676	66
9	3.15	645	63

4.3 Pengujian Rangkaian Pengontrol Terkendali

Pengujian ini dilakukan dengan mengasumsikan bahwa setiap ada perubahan rpm *prime over* akan terjadi *drop* tegangan. Pengujian ini menggunakan variabel putaran dari generator sebagai acuan dalam perubahan tegangan keluaran generator. Setiap perubahan dari rpm generator akan dihitung seberapa

besar arus dan tegangan yang dibutuhkan. Terlihat perubahan pada Tabel 4.3. Dari data diatas ketika putaran rpm generator berkurang maka tegangan keluaran generator akan ikut berkurang.

Untuk menghitung % *error* tegangan keluaran generator (V_{out}) digunakan rumus :

$$\%E = \frac{(V_{out_ker\ ja} - V_{out_hitung})}{V_{out_ker\ ja}} \times 100\%$$

% *error* saat Rpm 1500:

$$\%E = \frac{(220 - 220)}{220} \times 100\% = 0\%$$

dimana V_{out} generator kerja pada nameplate generator sebesar 220 Volt.

Tabel 4.3 Tanpa alat penggerak terkendali

No	Rpm	$I_{eksitasi}$ (A)	$V_{eksitasi}$ (V)	V_{output} Generator Hitung (V)	Error V_{out} (%)
1	1500	1.18	20.1	220	0
2	1450	1.18	20.6	216.5	1.59
3	1400	1.18	20.56	208.3	5.32
4	1350	1.18	20.52	201.3	8.50
5	1300	1.16	20.39	193.1	12.23
6	1250	1.15	20.4	183.1	16.77
Rata-rata tegangan regulasi					8.88

Sedangkan untuk menggunakan penggerak terkendali didapatkan kesimpulan bahwa rpm generator berkurang mengakibatkan tegangan *output* juga berkurang tapi dengan menggunakan penggerak terkendali ini arus dan tegangan akan stabil antara 180-230 V. kesetabilan generator akan terjaga karena *driver* motor DC akan mengontrol tegangan melalui pedal gas .

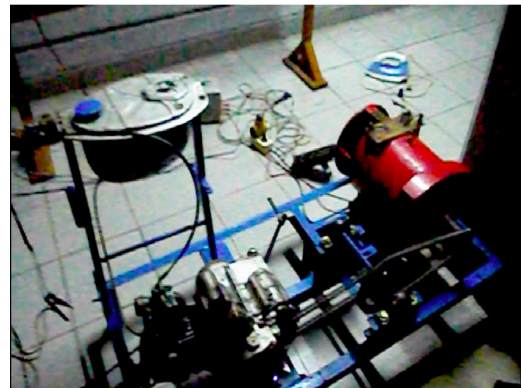
Tabel 4.4 Dengan menggunakan alat penggerak terkendali

No	Rpm	$I_{eksitasi}$ (A)	$V_{eksitasi}$ (V)	V_{output} Generator (V)	Error $I_{eksitasi}$ (%)
1	1500	1.18	20.1	220.2	0.09
2	1450	1.2	21.40	220.6	0.27
3	1400	1.32	23.26	220.3	0.14
4	1350	1.41	25.64	220.1	0.05
5	1300	1.52	26.6	220.2	0.09
6	1250	1.66	28.1	220.2	0.09
Rata-rata tegangan regulasi					0.12

4.4 Analisa Kinerja Rangkaian Pengontrol Terkendali

Analisa alat pengontrol terkendali ini berfungsi menaikkan dan menurunkan tegangan pada penggerak pemula (*prime mover*) generator untuk mendapatkan

tegangan *output* yang stabil (220 V). Berdasarkan tabel.1 dan tabel.2 didapatkan perbedaan tegangan regulasi dimana dengan menggunakan penggerak terkendali sekitar 0.12% jauh lebih baik dari tanpa menggunakan pengontrolan terkendali yang mencapai tegangan regulasi 8.88%. Kinerja pengontrolan terkendali ini akan menambah arus eksitasi sesuai yang dibutuhkan. Tampak terbukti dengan hasil perhitungan rata regulasi tegangan yang semula tanpa pengontrolan terkendali sebesar 8.88% sedangkan dengan menggunakan pengontrol terkendali rerata regulasi tegangan menjadi 0.12%, memenuhi standard regulasi tegangan SPLN 1:1995 pasal 4.



Gambar 4.2 Fisik keseluruhan alat

5. KESIMPULAN

Setelah merancang pengontrolan penggerak mula dengan menggunakan *driver* motor DC maka dapat disimpulkan:

1. Pembangkit listrik dengan mesin sepeda motor ini mampu menaikkan dan menurunkan tegangan dengan *driver* motor DC pada penggerak mula yang diharapkan untuk mendapatkan tegangan stabil 180-220 V.
2. Dari hasil analisa rata-rata regulasi tegangan yang semula tanpa pengontrolan sebesar 8,88% sedangkan dengan menggunakan pengontrolan terkendali dengan rata-rata regulasi tegangan menjadi 0,12%.
3. Batas kesetabilan tegangan antara 180 s/d 220 V, apabila kurang dari 180 V maka pengendali motor DC *power window* akan menaikkan gas pada penggerak pemula (*prime mover*), dan apabila tegangan lebih

dari 220V maka pengendali motor DC *power window* menurunkan gas penggerak pemula (*prime mover*).

DAFTAR PUSTAKA

- Antonius Rajagukguk. 2012. *Bahan Ajar Kendali Mesin Listrik*. Pekanbaru : Teknik Elektro UR.
- Malvino, A, David J. Bates, *Electronic Principles Seventh Edition*, McGraw-Hill, United States.
- Mohan, N., 1989, *Power Electronics converters, Applications, and Design Second Edition*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Pathak, Abhijit D., 2001, *Mosfet/IGBT Drivers Theory and Applications*, IXYS Corporation, Jerman
- Suwitno.,2012. *Bahan Ajar Elektronika Daya Lanjut*. Pekanbaru : Teknik Elektro UR.