

**PENGUKUR ARUS, TEGANGAN, DAN KECEPATAN GENERATOR
BEBASIS ARDUINO UNO PADAPROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA PIKOHIDRO**

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik



Oleh:

Arina Makarimal Fasya

NIM. 14506134001

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2019**

**PENGUKUR ARUS, TEGANGAN, DAN KECEPATAN GENERATOR
BERBASIS ARDUINO UNO PADA *PROTOTYPE* PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO**

Oleh:
Arina Makarimal Fasya
14506134001

ABSTRAK

Tujuan dari Proyek Akhir ini untuk merancang bangun perangkat keras, perangkat lunak, dan mengetahui kemampuan dan unjuk kerja pengukuran arus, tegangan, dan kecepatan generator berbasis Arduino UNO pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro. Alat ukur digital yang berasal dari pembacaan sensor diharapkan mampu mempermudah proses pengukuran arus, tegangan dan kecepatan generator agar menjadi lebih efisien dan efektif karena ke tiga alat ukur yang memanfaatkan sensor diletakkan dalam satu boks.

Metode pembuatan pengukuran arus, tegangan, dan kecepatan generator berbasis Arduino UNO pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro ada 5 tahap: (1) identifikasi masalah; (2) identifikasi dan analisis kebutuhan; (3) perancangan alat; (4) pembuatan alat; (5) pengujian alat.

Hasil pengujian menunjukan *Prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro dapat diukur dengan menggunakan alat ukur digital yang hasilnya dapat ditampilkan di LCD dengan kesalahan rata-rata Pengukuran sensor arus DC sebesar 1,17 %, Pengukuran tegangan DC memiliki kesalahan rata-rata sebesar 3,061%, dan pengukuran kecepatan 1,49%. Dengan adanya sistem ini mahasiswa dengan mudah mengukur arus, tegangan, dan kecepatan generator dalam satu perangkat, karena semua komponennya diletakkan dalam satu boks.

Kata Kunci : Arduino UNO, Pikohidro, alat ukur digital

PROYEK AKHIR

Dengan judul

PENGUKUR ARUS, TEGANGAN, DAN KECEPATAN GENERATOR BEBASIS ARDUINO UNO PADA *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO

Disusun oleh :

Arina Makarimal Fasya
NIM 14506134001

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Tugas Akhir
Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta

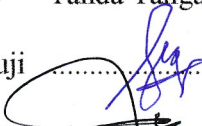
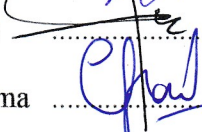
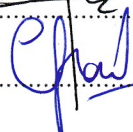
Pada Tanggal

30 Januari 2019

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh

Gelar Ahli Madya Teknik Program Studi Teknik Elektro

Tim Penguji


Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
1. Sigit Yatmono, ST., M.T	Ketua Penguji		18-02-2019
2. Toto Sukisno, M.Pd	Sekretaris		18-02-2019
3. Ariadie Chandra Nugraha, S.T., M.T	Penguji Utama		15-02-2019

Yogyakarta, Februari 2019

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta


Dr. Widarto, M.Pd


NIP 19631230 198812 1 001

PERNYATAAN

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Arina Makarimal Fasya

NIM : 14506134001

Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Judul Proyek Akhir :

**PENGUKUR ARUS, TEGANGAN, DAN KECEPATAN GENERATOR
BEBASIS ARDUINO UNO PADAPROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA PIKOHIDRO**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madyadi Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis orang lain, kecuali secara sebagai acuan dengan tata tulis yang lazim serta disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 2 Januari 2019

Yang Menyatakan



Arina Makarimal Fasya

NIM 14506134001

PERSETUJUAN

PROYEK AKHIR

Dengan Judul

**PENGUKUR ARUS, TEGANGAN, DAN KECEPATAN GENERATOR
BEBASIS ARDUINO UNO PADA *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA PIKOHIDRO**

Dipersiapkan dan disusun oleh :

ARINA MAKARIMAL FASYA

NIM : 14506134001

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan di depan

Dosen Penguji Tugas Akhir

Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta

Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya

Yogyakarta, 2 Januari 2019

Dosen Pembimbing Proyek Akhir



Sigit Yatmono, ST.,M.T.
NIP. 19730125 199903 1 001

MOTTO

Jika kau tak pernah gagal,
Maka kau tak pernah tahu rasanya bersemangat untuk bangkit

-ARINA 2019-

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan yang Maha Esa, Laporan proyek akhir ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orangtuaku Bapak Faozi dan Ibu Syakiroh, adik-adik tercinta Aufa dan Alin, serta keluarga besar H. Solihin dan Mbah Muhyidin, yang selalu memberikan dukungan, perhatian, motivasi, dan tak pernah lupa saling mendoakan dalam kebaikan.
2. Bapak Sigit Yatmono, ST.,M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Dosen-dosen dan seluruh jajaran Jurusan Pendidikan Teknik Elektro UNY yang telah memfasilitasi dan mengajarkan ilmu.
4. Salsabila Ulfah Tian yang sudah membantu menyelesaikan tugas akhir dan memberi semangat.
5. Iwan Ardianto teman seperjuangan dalam proses penyelesaian tugas akhir.
6. Teman-teman seperjuanganku Teknik Elektro 2014. Terimakasih untuk bantuan, dukungan, dan semangatnya.
7. Teman-teman Pesantren Baitul Kilmah yang telah berbagi ilmu serta pengalaman berharga dan berkesan.
8. Seluruh temanku yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, terima kasih telah berbagi keceriaan, motivasi, dan semangatnya.
9. Almamaterku tercinta Universitas Negeri Yogyakarta.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, serta kepada keluarga sahabat, dan para pengikutnya yang di nantikan syafaatnya hingga akhir zaman.

Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Pengukur Arus, Tegangan, Dan Kecepatan Generator Bebas Arduino UNO Pada *Prototype* Pikohidro” dengan baik. terselesaikannya proyek akhir beserta laporannya tidaklah lepas dari bantuan pihak lain. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Bapak Sigit Yatmono, ST., M.T selaku dosen pembimbing dalam pembuatan tugas akhir.
2. Bapak Ariadie Chandra Nugraha, S.T., M.T selaku penguji utama tugas akhir.
3. Bapak Toto Sukisno, M.Pd selaku dosen penasehat akademik, Kepala Program Studi Teknik Elektro D3, serta sekertaris penguji, yang selalu memberikan arahan, nasehat, dan bimbingannya.
4. Bapak Totok Heru Tri Maryadi, M.Pd selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Bapak Dr. Widarto, M.Pd selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
6. Bapak/Ibu Dosen, Teknisi, dan Staf Jutusan Pendidikan Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan dan fasilitas.
7. Kedua orangtua, serta adik-adik terima kasih atas dukungan, motivasi, dan doanya.

8. Teman-teman seangkatan dan seperjuangan, terimakasih atas kerjasama dan dukungannya.
9. Semua pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan satu persatu sehingga proyek akhir ini bisa selesai.

Penulis berharap semoga laporan proyek akhir ini dapat bermanfaat bagi diri sendiri dan semua pihak. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Yogyakarta, 2 Januari 2018

Hormat saya,

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
PERSETUJUAN.....	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah.....	3
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
G. Keaslian Gagasan.....	6

BAB II PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH.....	7
A. Alat Pengukur Arus, tegangan, dan Kecepatan Generator.....	7
1. Arus Listrik	8
2. Tegangan.....	9
3. Kecepatan Rotasi	10
B. Komponen Utama dan Pendukung.....	11
1. Komponen Utama.....	11
2. Komponen Pendukung.....	21
BAB III KONSEP PERANCANGAN	28
A. Identifikasi dan Analisis Kebutuhan.....	29
1. Sistem <i>Prototype</i> Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro.....	29
2. Sensor-sensor.....	29
B. Tahap Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	32
1. Perancangan <i>Prototype</i> Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro....	32
2. Perancangan Penggunaan Sensor dan Komponen.....	35
C. Tahap Perancangan Arduino.....	42
C. Tahap Rencana Pengujian Alat.....	44
BAB IV PENGUJIAN, HASIL, DAN PEMBAHASAN	47
A. Realisasi Alat	47
B. Pengujian.....	48
1. Pengujian per Bagian Sensor.....	48
2. Pengujian Kode Program.....	53
3. Pengujian Keseluruhan.....	55

C. Pembahasan.....	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
A. Kesimpulan	59
B. Keterbatasan Alat.....	59
C. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Arus searah.....	8
Gambar 2. Gelombang Tegangan DC.....	9
Gambar 3. Arduino UNO R3	12
Gambar 4. Sensor Arus ACS712-5A	15
Gambar 5. Pin Sensor Arus ACS712-5A.....	16
Gambar 6. Blok Diagram Sensor Arus ACS712.....	17
Gambar 7. Sensor Tegangan	18
Gambar 8. Sensor Kecepatan	19
Gambar 9. Bentuk Fisik LCD	20
Gambar 10. Bentuk Prototype Pikohidro.....	21
Gambar 11. Pembangkitan Tegangan Induksi.....	26
Gambar 12. Tegangan Rotor yang Dihasilkan Melalui Cincin Serat dan komutat	27
Gambar 13. Alur Perancangan	28
Gambar 14. Desain <i>Prototype</i>	33
Gambar 15. Desain Turbin.....	33
Gambar 16. Desain Generator.....	34
Gambar 17. Bearing sisi kiri	34
Gambar 18. Bearing Sisi Kanan.....	35
Gambar 19. Desain Rancangan Pompa Air.....	35
Gambar 20. Blok Diagram Perancangan Alat.....	36
Gambar 21. Rangkaian Sensor ACS712	37

Gambar 22. Rangkaian Sensor Tegangan DC.....	38
Gambar 23. Rangkaian Sensor Kecepatan	49
Gambar 24. Rangkaian LCD 16x2.....	40
Gambar 25. Penggunaan Modul Arduino	41
Gambar 26. Diagram Alir Program.....	43
Gambar 27. Wujud Fisik Alat	47
Gambar 29. Pengujian Keseluruhan.....	55

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Spesifikasi Arduino UNO R3	13
Tabel 2. Daftar Alat.....	31
Tabel 3. Daftar Bahan	32
Tabel 4. Tabel Pin Rangkaian Output.....	37
Tabel 5. Rencana Pengujian Sensor Arus	45
Tabel 6. Rencana Pengujian Sensor Tegangan DC.....	45
Tabel 7. Rencana Pengujian Sensor kecepatan <i>slot optocoupler</i>	46
Tabel 8. Alat dan Bahan Untuk Uji Teknis.....	48
Tabel 9. Hasil Pengujian Sensor Arus DC	50
Tabel 10. Pengujian Tegangan DC	51
Tabel 11. Hasil Pengujian sensor Kecepatan <i>Slot Optocoupler</i>	52

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Sumber energi listrik alternatif di Indonesia bisa didapatkan dari potensi alam, seperti pancaran sinar matahari, aliran air, panas bumi, dan lain-lain. Melimpahnya potensi alam di Indonesia disebabkan karena Indonesia merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa. Salah satu sumber energi listrik alternatif yang banyak dikembangkan di beberapa daerah adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang memanfaatkan air sebagai sumber listrik.

Hal ini karena persediaan air di Indonesia cukup melimpah. Keberadaan beberapa waduk besar di Indonesia, selain digunakan untuk penampungan air juga dimanfaatkan untuk menjadi energi penghasil listrik. Pilihan mengembangkan pembangkit listrik tenaga air ini salah satunya disebabkan potensi air yang ada di Indonesia. Jumlah air yang melimpah seperti yang dikutip dari www.goodnewsfromindonesia.id, Indonesia adalah negara dengan sumber air terbarukan terbesar peringkat lima di dunia.

Menurut peringkat ini, Indonesia yang memiliki sumber air sebanyak 2838 meter kubik berada satu peringkat di bawah dari jumlah Amerika Serikat yang memiliki cadangan air sebesar 3069 meter kubik. Jika melihat potensi di atas sangat mungkin dikembangkannya energi yang diubah menjadi sebuah arus listrik. Hal ini ditujukan untuk menciptakan biaya produksi yang

murah pada listrik di Indonesia. PLTA termasuk jenis pembangkitan hidro karena pembangkitan ini menggunakan air untuk kerjanya.

Potensi air yang sangat melimpah masih belum dapat dimanfaatkan potensi tersebut secara optimal, khususnya di daerah-daerah terpencil yang belum terjangkau oleh aliran listrik PLN. Pembangkit listrik khususnya skala kecil seperti pikohidro dapat digunakan sebagai alternatif pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) yang menggunakan bahan bakar minyak khususnya solar yang biaya operasionalnya lebih mahal.

Pembelajaran mengenai sistem pembangkit listrik tampaknya perlu diadakan di setiap universitas, termasuk Universitas Negeri Yogyakarta (UNY) yang dituntut mampu mengikuti perkembangan teknologi sehingga menghasilkan lulusan yang kompeten secara kognitif, psikomotorik, dan afektif.

Pengenalan teknologi baru harus dilakukan dalam proses kegiatan belajar mengajar di Universitas Negeri Yogyakarta agar peserta didik mampu menjadi kader yang siap dalam menghadapi tantangan dunia di era teknologi. Kualitas proses belajar mengajar berpengaruh terhadap hasil belajar peserta didik. Salah satu faktor yang dapat mendukung kualitas hasil belajar mahasiswa adalah ketersediaan media pembelajaran.

Hasil pengamatan yang telah dilakukan di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik UNY, dalam mata kuliah sistem pembangkit listrik, alat ukur arus, tegangan, dan kecepatan generator masih manual,

menggunakan alat ukur manual. Maka akan lebih efisien dan efektif menggunakan alat ukur digital yang berasal dari pembacaan sensor.

Peranan teknologi khususnya bidang teknologi, semakin hari semakin meningkat dan semakin nyata dirasakan manfaatnya dalam kehidupan masyarakat (Adimas,1994). Dapat dilihat teknologi yang tadinya hanya satu fungsi dapat menjadi banyak fungsi. Dengan kemajuan teknologi ini manusia telah menciptakan banyak alat yang dapat membantu kegiatan dan pekerjaan manusia sehari-hari. Seperti pengukuran terhadap arus, tegangan dan kecepatan generator pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro menggunakan alat ukur manual yang memerlukan banyak alat ukur untuk keperluan beberapa pengukuran.

Didasari kenyataan di atas, di dalam tugas akhir ini penulis membuat sebuah alat ukur arus, tegangan dan kecepatan generator pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro. Dengan memanfaatkan beberapa sensor yang dihubungkan di Arduino UNO, di mana hasil pengukuran arus, tegangan, dan kecepatan generator dapat dilihat langsung hasilnya melalui layar LCD. Diharapkan dengan adanya alat ukur ini, akan membuat pengukuran lebih mudah, efektif dan efisien karena ke tiga alat ukur yang memanfaatkan sensor diletakkan dalam satu boks. Selain itu alat ukur digital mampu mengurangi kesalahan pengukuran, dan mahasiswa mampu membandingkan penggunaan alat ukur manual dan digital.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, identifikasi masalah yang ada sebagai berikut:

1. Kondisi alat ukur arus, tegangan, dan kecepatan generator pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro di bengkel listrik UNY saat ini masih dalam bentuk manual.
2. Perlunya alat ukur arus, tegangan, dan kecepatan generator pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro dengan memanfaatkan beberapa sensor yang diletakkan dalam satu boks agar lebih efisien dan efektif.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dijelaskan di atas, maka perlu adanya pembatasan masalah, sehingga ruang lingkup permasalahan dapat lebih jelas. Tugas akhir ini penulis akan membuat sebuah alat ukur arus, tegangan, dan kecepatan generator pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro, di mana unit sensor yang dipasang di lapangan berbasis Arduino UNO. Sistem pengukuran arus, tegangan, dan kecepatan generator hasil ukurnya akan ditampilkan pada sebuah LCD.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang telah dipaparkan di atas maka dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan dipecahkan, diantaranya:

1. Bagaimana tahap perancangan dan pembuatan alat ukur arus, tegangan, dan kecepatan generator berbasis Arduino UNO pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro?

2. Bagaimana unjuk kerja dari alat ukur arus, tegangan dan kecepatan generator, berbasis Arduino UNO pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro?

E. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan yang akan dicapai diantaranya:

1. Mengetahui tahap perancangan alat ukur arus, tegangan, kecepatan generator berbasis Arduino UNO pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro.
2. Mengetahui unjuk kerja dari alat ukur arus, tegangan dan kecepatan generator, berbasis Arduino UNO pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro.

F. Manfaat

Manfaat dari perancangan alat ukur arus, tegangan, kecepatan generator berbasis Arduino UNO pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro adalah sebagai:

1. Bagi Mahasiswa:
 - a. Mahasiswa mendapatkan pengalaman dalam pembuatan alat berupa alat ukur arus, tegangan, dan kecepatan generator di pembangkit listrik tenaga pikohidro.
 - b. Mahasiswa dapat merealisasikan ide sehingga mendorong untuk terus berkarya.

- c. Mahasiswa dapat mengaplikasi dan mengembangkan ilmu yang sudah didapat dalam perkuliahan.

2. Bagi Institusi

- a. Dapat membantu institusi dalam meningkatkan mutu media pembelajaran dalam perkuliahan.
- b. Dapat menjadi referensi dalam pengembangan kreatifitas mahasiswa dalam perkuliahan.

G. Keaslian Gagasan

Gagasan dari tugas akhir ini merupakan hasil dari observasi di bengkel Teknik elektro FT UNY. Pemikiran ini berawal dari pentingnya kebutuhan mahasiswa dalam penggunaan media praktik yang berbentuk media pembelajaran. Oleh karena itu mahasiswa bermaksud mengangkat tugas akhir yang berjudul “Pengukur Arus, Tegangan, Dan Kecepatan Generator Berbasis Arduino UNO Pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro”. Sehingga dapat dipergunakan mahasiswa dalam melakukan praktik sistem pembangkit listrik tenaga air.

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Alat Pengukur Arus, tegangan, dan Kecepatan Generator

Alat pengukur arus, tegangan, dan kecepatan generator merupakan alat yang digunakan untuk mengukur parameter yang dihasilkan oleh *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro. Parameter tersebut perlu diukur karena parameter arus, dan tegangan merupakan hal penting yang dihasilkan oleh *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro. Selain itu untuk mengetahui tingkat kinerja generator pada oleh *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro digunakan parameter kecepatan generator. Ke-4 parameter tersebut ditampilkan pada satu layar LCD. Sehingga parameter yang dihasilkan oleh *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro lebih jelas, akurat dan mudah dipahami. Oleh karena itu alat pengukuran data dirancang dengan menggunakan perkembangan dari mikrokontroler berupa Arduino UNO.

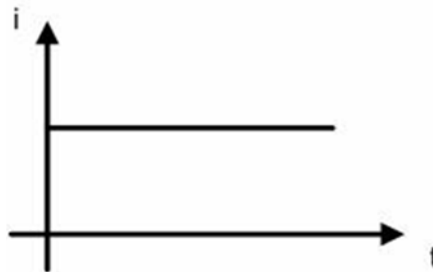
Arduino merupakan sebuah platform yang diciptakan untuk menyederhanakan proses rangkaian dan pemrograman mikrokontroler sehingga menjadi lebih mudah dipelajari dan menyenangkan. Pengukuran data secara otomatis dilakukan dengan menambah beberapa sensor di antaranya, arus, tegangan, dan kecepatan. Pengukuran arus, tegangan, dan kecepatan generator ini akan dibahas sebagai berikut:

1. Arus Listrik

Arus Listrik merupakan jumlah muatan yang bergerak melalui penampang suatu penghantar untuk setiap satuan waktu (Ratih Listiyarini, 2018). Muatan-muatan yang bergerak akan menghasilkan arus listrik, sebaliknya jika muatannya berhenti maka tidak akan ada arus yang dihasilkan. Muatan akan bergerak jika ada pengaruh energi dari luar yang mempengaruhinya. Macam-macam arus:

a. Arus searah (*Direct Curent/DC*)

Arus DC adalah arus yang mempunyai nilai tetap atau konstan terhadap satuan waktu, artinya diaman pun kita meninjau arus tersebut pada waktu berbeda akan mendapatkan nilai yang sama (Mohamad Ramdhani, 2015).



Gambar 1. Arus searah

www.dinus.ac.id

b. Arus bolak-balik (Alternating Current/AC)

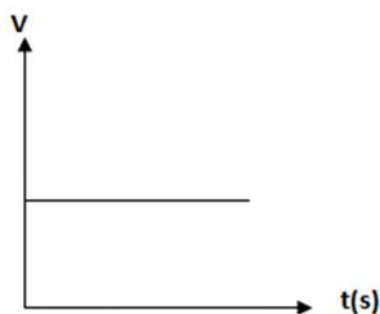
Arus AC adalah arus yang mempunyai nilai yang berubah terhadap satuan waktu dengan karakteristik akan selalu berulang untuk perioda waktu tertentu

(mempunyai perida waktu : T) (Mohamad Ramdhani, 2015).

2. Tegangan

Tegangan adalah tekanan listrik, beda potensial, atau perbedaan muatan listrik antara dua titik. Perbedaan beda potensial ini bisa mendorong arus listrik melalui kawat (konduktor), tapi tidak melalui pembungkusnya (isolator) (Muji Setiyo, 2017).

Tegangan yang dihasilkan pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro berupa tegangan DC. DC adalah singkatan dari *Direct Current*, artinya arus searah. Tegangan DC adalah tegangan dengan polaritas yang tetap, tidak terjadi perubahan-perubahan polaritas di sepanjang waktunya. Tegangan DC arus listrik bergerak dari kutub yang selalu sama, yaitu dari kutub positif ke kutub negatif dan polaritas arus ini selalu tetap (Adimas, 1994). Tegangan DC ini dihasilkan dari generator searah. Berikut ini adalah contoh gambar gelombang tegangan DC ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Gelombang Tegangan DC
Sumber : www.fiskadiana.blogspot.co.id

3. Kecepatan Rotasi

Menurut *College Physics*, Serway-Faughn & *Physics for Scientists and Engineers*, Serway-Jewett dalam modul fisika (*7th International Junior Science Olympiad (IJSO) 11th Invitational World Youth Mathematics Intercity Competition (IWYMIC)*). Kecepatan didefinisikan sebagai perubahan posisi per satuan waktu. Dalam sistem MKS atau SI, satuan kecepatan adalah *meter/detik* atau *m/s*. Bergantung pada besarnya interval waktu yang dipakai untuk mendefinisikan kecepatan.

Banyaknya putaran dalam satuan waktu ini sering disebut dengan Rotasi Per Menit (RPM). Satuan Rotasi Per Menit (RPM) digunakan mengukur atau menyatakan banyaknya sebuah putaran pada motor, kecepatan generator, kecepatan piston motor, kecepatan roda atau suatu hal yang berputar dalam satuan waktu.

Alat pengukur kecepatan ini disebut tachometer. Di setiap objek yang mau diukur dengan tachometer harus terdapat sensor untuk menghubungkan input data dari objek yang akan diukur dengan sensor yang terdapat pada alat pengukur. Untuk itu diperlukan piranti tambahan pada objek yang akan diukur yang dinamakan pulsa input. Pulsa input berbeda-beda tergantung dengan alat yang digunakan untuk mengukur objek tersebut.

B. Komponen Utama dan Pendukung

1. Komponen Utama

a. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena sebuah mikrokontroler umumnya telah berisi komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan pemrograman *Input-Output* (Nurdila, 2009).

Mikrokontroler adalah suatu IC dengan kepadatan yang sangat tinggi, dimana semua bagian yang diperlukan untuk suatu kontroler sudah dikemas dalam satu keping, biasanya terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Access Memory*), EEPROM/EPROM/PROM/ROM, I/O, Serial & Parallel, *Timer*, *Interrupt Controller* (Setiawan, 2011).

Chip mikrokontroler ini bermacam jenisnya, salah satu dari jenis *chip* mikrokontroler merupakan ATmega. Jenis ATmega juga memiliki seri yang banyak seperti ATmega 16, ATmega 32, ATmega 328. Dalam pembuatan proyek akhir ini menggunakan papan Arduino UNO, di mana sudah terpasang ATmega 328. Mikrokontroler ATmega328 yang dapat terhubung dengan mudah menggunakan kabel *power* USB atau kabel *power supply adapter* AC ke DC atau juga baterai.

Arduino memiliki beberapa jenis seperti MEGA, UNO, NANO, dan lainnya. Sedangkan yang kini digunakan adalah Arduino UNO, tipe ini juga memiliki beberapa versi salah satunya adalah R3 yang merupakan versi terakhir yang telah disempurnakan dari versi-versi Arduino sebelumnya, bentuk fisik Arduino dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Arduino UNO R3
Sumber : www.Robotistan.com

Dari versi R3 (*Revision 3*) ini memiliki beberapa keunggulan yaitu 1.0 pin *out* ditambahkan pin SDA dan SCL didekat 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 5 V dan Arduino pada tegangan operasi 3.3 V, memiliki rangkaian reset yang lebih baik, dan penerapan Atmega 16U2 pengganti 8U2.

Arduino UNO memiliki 14 digital pin input/output (atau biasa ditulis I/O, dimana 6 pin diantaranya dapat digunakan

sebagai output PWM), 6 pin input analog, menggunakan crystal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset. Hal tersebut adalah semua yang diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau diberi power dengan adaptor AC-DC atau baterai, sudah dapat dioperasikan. Spesifikasi umumnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Arduino UNO R3

Mikrokontroler	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM <i>output</i>)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O pin	40 Ma
DC Current for 3.3V pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	15 HZ

Bahasa yang digunakan dalam pemrograman Arduino adalah bahasa C. Bahasa C merupakan bahasa tingkat tinggi, di

mana bahasa ini dapat dengan mudah dipahami oleh manusia di bandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya. Semakin rendah bahasa pemrograman maka semakin sulit dipahami oleh manusia secara umum, dan sebaliknya apabila tingkatan bahasa pemrograman semakin tinggi akan semakin mudah dipahami.

b. Sensor Arus ACS712-5A

ACS712 ini memiliki tipe variasi sesuai dengan arus maksimal yakni 5A, 20A, 30A. ACS712 ini menggunakan VCC 5V. Perangkat terdiri dari rangkaian sensor efek *hall* yang linier, *low-offset* dan presisi. Saat arus mengalir di jalur tembaga pada bagian pin 1-4, maka rangkaian sensor efek-*hall* akan mendeteksi dan mengubahnya menjadi tegangan yang proporsional. Efek *hall* adalah fenomena fisika dimana aliran listrik / elektron dalam pelat konduktor terpengaruh oleh paparan medan magnet. Besar arus maksimum yang dapat dideteksi sebesar 5A di mana tegangan pada pin keluaran akan berubah secara linear mulai dari 2,5 V ($\frac{1}{2} \times VCC$, tegangan catu daya $VCC = 5V$) untuk kondisi tidak ada arus hingga 4,5V pada arus sebesar +5A atau 0,5V pada arus sebesar -5A (positif/negatif tergantung polaritas, nilai di bawah 0,5V atau di atas 4,5V dapat dianggap lebih dari batas maksimum) (Jones, 2016: 136-143).

Sensor arus ACS712-5A merupakan komponen yang digunakan untuk mendeteksi arus pada suatu kawat/kabel dalam

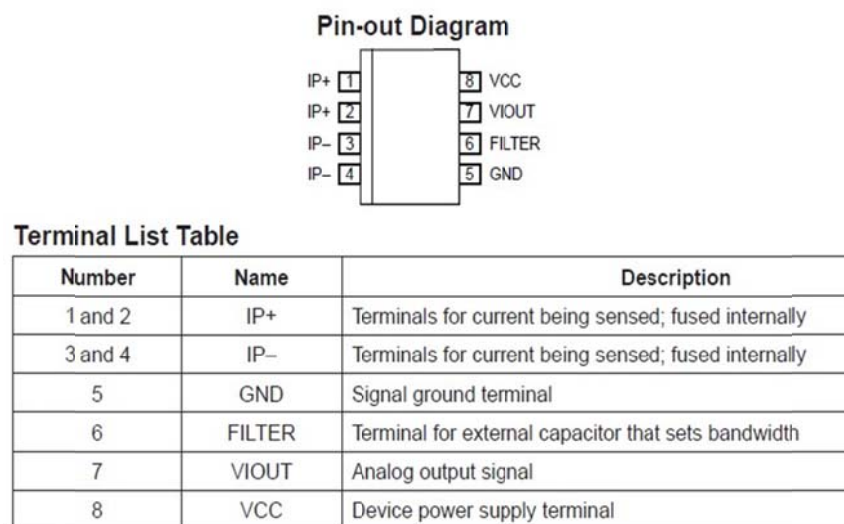
instalasi listrik. Sensor ini dapat digunakan untuk mengukur arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC) menggunakan prinsip *Hall Effect*. Sensor yang memiliki prinsip *Hall Effect* dirancang untuk mendeteksi objek magnetis dengan perubahan posisi. Adanya perubahan medan magnet secara terus menerus menimbulkan adanya pulsa yang kemudian dapat diambil frekuensinya. Sensor ACS712-5A mengeluarkan tegangan 2,5 V jika tidak ada arus. Berikut merupakan bentuk fisik dari sensor ACS712-5A yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Sensor Arus ACS712-5A
Sumber: <https://www.andalanelektro.id>

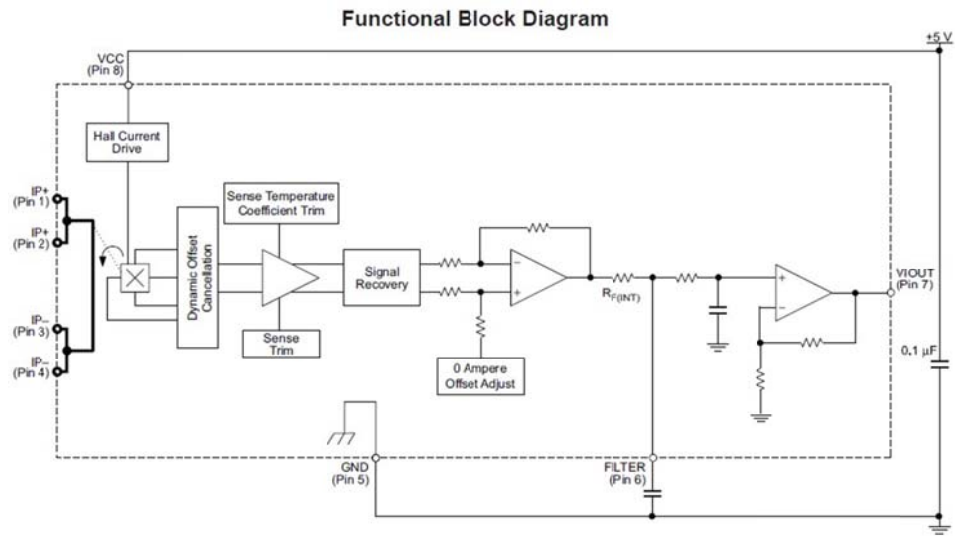
Sensor arus ACS712-5A ini memiliki fungsi transfer berupa korelasi antara nilai besaran fisis yang terukur oleh sensor terhadap nilai ADC (*Analog to Digital Converter*) yang akan dibaca oleh mikrokontroler Atmega 16. Nilai ADC yang terukur dikonversikan menjadi nilai arus dengan menggunakan rumus perbandingan antara nilai arus sebenarnya dengan ADC yang dikeluarkan oleh sensor.

Pemasangan sensor arus ACS712-5A dilakukan secara seri melalui kabel/kawat yang digunakan untuk mengalirkan arus listrik dari sumber ke beban, masukan sensor ini menggunakan dua pasang terminal power dengan arus maksimal 5A arus bolak-balik (AC) maupun arus searah (DC). Tegangan operasional sensor arus ACS 712-05A sebesar 4,5 VDC – 5,5 VDC. Berikut merupakan deskripsi pin pada sensor arus ACS712-5A yang diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pin Sensor Arus ACS712-5A
Sumber: www.microcontroller-project.com

Sensor arus ACS712-5A dapat digunakan pada aplikasi dengan isolasi listrik tanpa menggunakan *opto-isolator* sehingga menghemat biaya. Berikut merupakan block diagram sensor arus ACS712 yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Blok Diagram Sensor Arus ACS712
Sumber: www.circuitdiagramworld.com

c. Sensor Tegangan

Sensor tegangan berfungsi sebagai pendeteksi besaran tegangan pada sistem *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro. Dalam perancangan proyek akhir ini menggunakan prinsip pembagi tegangan. Sesuai dengan namanya, rangkaian pembagi tegangan dapat diwujudkan dengan suatu rangkaian kombinasi dua resistor atau lebih untuk menghasilkan suatu besaran tegangan tertentu yang diatur melalui perubahan-perubahan nilai resistor (Sudana, 2010).

Pembagi tegangan resistif, untuk menjalankannya menggunakan tegangan *input* sebesar 5V atau 3,3V. Pada pemakaiannya untuk pembacaan tegangan maksimal yaitu pada 70 V di mana 14 kali dari VCC, sehingga apabila tegangan VCC yang digunakan adalah 3.3V maka maksimal tegangan yang dideteksi

adalah 46.2 V. Bentuk fisik fisik dari module tegangan DC dapat dilihat pada Gambar 7.



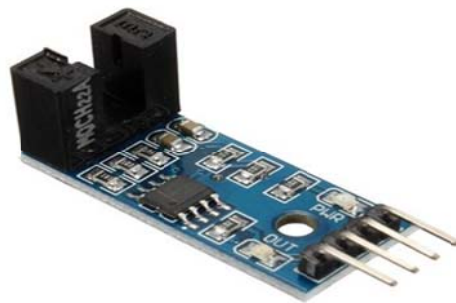
Gambar 7. Sensor Tegangan

Sumber: www.tokopedia.com

d. Modul Kecepatan *Slot Optocoupler* Arduino

Optocoupler (disebut juga optoisolator atau isolator yang terganggu optik) menggabungkan LED (*Light Emitting Diode*) dan fotodioda dalam satu kemasan, dimana diode cahaya sebagai sumber cahaya dipasang langsung dengan sumber tegangan. Keluaran dari sumber cahaya akan berbanding lurus dengan tegangan masukan pada dioda cahaya. *Optocoupler* atau *optoisolator* merupakan paket elektronik murni, jalur cahaya di dalamnya yakni infra merah tertutup dalam sebuah paket. Ini menyebabkan transfer energi listrik dalam satu arah, dari infra merah ke fotodetektor, sambil mempertahankan isolasi listrik. Fungsi optocoupler pada umumnya selain sebagai sensor (dengan kemasan tertentu) (Tooley, 2005).

Sensor kecepatan *optocoupler* akan menghasilkan sinyal *output High* TTL ketika sebuah terdeteksi oleh celah. Sensor kecepatan yang banyak digunakan pada pendeteksi kecepatan motor, RPM, pengukur putara, tachometer, pembatas kecepatan. Cara pemakaian ketika modul tidak terhalang atau tertutup, penerima hidup, DO *output Low*. Ketika terhalang/tertutup, DO *output High*. DO dapat dihubungkan ke relay, terdiri dari saklar pembatas dan fungsi lainnya, dapat juga dihubungkan ke modul buzzer termasuk alarm.



Gambar 8. Sensor Kecepatan

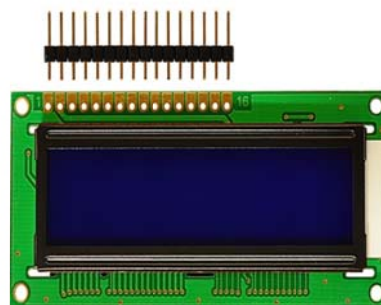
e. LCD (*liquid Crystal Display*)

Menurut (Wardhana, 2006), display LCD 16x2 berfungsi sebagai penampil karakter yang di input melalui keypad. LCD yang digunakan pada alat ini mempunyai lebar display 2 baris 16 kolom atau biasa disebut sebagai LCD karakter 16x2, dengan 16 pin konektor.

LCD terbagi menjadi dua macam berdasarkan bentuk tampilannya, yaitu *Text*-LCD berupa huruf atau angka, sedangkan

bentuk tampilan pada *Graphic* LCD berupa titik, garis dan gambar (Nurcahyo, 2012).

Material LCD adalah sebuah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan *sandwich* memiliki *polarizer* cahaya vertikal depan dan *polarizer* cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan. LCD yang digunakan pada alat pengukuran digital menggunakan LCD 16x2 yang terdiri dari 2 baris dan 16 karakter. Bentuk fisik LCD 16x2 ini dapat dilihat pada Gambar 9.

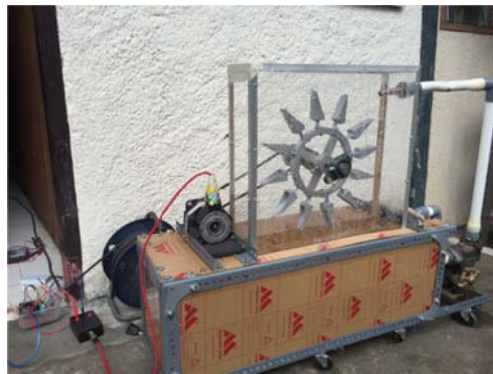


Gambar 9. Bentuk Fisik LCD
Sumber :www.arduino.web.id

Kontroler LCD ini juga sudah dilengkapi dengan modul program LCD yang terdapat pada mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter pada LCD.

2. Komponen Pendukung

Pengukuran arus, tegangan dan kecepatan digital tidak terlepas dari komponen pendukung yang berupa *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro. Komponen-komponen yang terdapat pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro antara lain:



Gambar 10. Bentuk Prototype Pikohidro

a. Bendungan (*Weir*) dan *Intake*

Pada umumnya instalasi PLTA skala piko merupakan pembangkit listrik tenaga air jenis aliran sungai atau saluran irigasi langsung, jarang yang merupakan jenis waduk (bendungan besar). Konstruksi bangunan intake untuk mengambil air langsung dapat berupa bendungan (*weir*) yang melintang sepanjang lebar sungai atau langsung membagi aliran air sungai tanpa dilengkapi bangunan bendungan. Lokasi *intake* harus dipilih secara cermat untuk menghindarkan masalah di kemudian hari.

b. Saluran Pembawa (*Head Race*)

Saluran pembawa berfungsi untuk mengalirkan air dari intake sampai ke bak penenang. Perencanaan saluran penghantar berdasarkan pada kriteria:

- 1) Efisiensi fungsi
- 2) Nilai ekonomis yang tinggi
- 3) Aman terhadap tinjauan teknis
- 4) Mudah pengerjaannya
- 5) Mudah pemeliharaannya
- 6) Struktur bangunan yang memadai
- 7) Kehilangan tinggi tekan (*head losses*) yang kecil

c. Pipa Pesat (*Penstock*)

Pipa pesat (*penstock*) adalah pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bak penenang (*forebay tank*). Perencanaan pipa pesat mencakup pemilihan material, diameter penstock, tebal dan jenis sambungan (*coordination point*). Pemilihan material berdasarkan pertimbangan kondisi operasi, aksesibility, berat, sistem penyambungan dan biaya. Diameter pipa pesat dipilih dengan pertimbangan keamanan, kemudahan proses pembuatan, ketersediaan material dan tingkat rugi-rugi (*fiction losses*) seminimal mungkin. Ketebalan *penstock* dipilih untuk menahan tekanan hidrolik dan *surge pressure* yang dapat terjadi.

d. Pintu Pengatur

Pintu pengatur berfungsi untuk mengatur volume air yang akan masuk dari kolam penenang ke pipa pesat.

e. Rumah Pembangkit (*Power House*)

Pada rumah pembangkit ini terdapat turbin, generator dan peralatan lainnya. Bangunan ini menyerupai rumah dan diberi atap untuk melindungi peralatan dari hujan dan gangguan-gangguan lainnya.

f. Saluran Buang (*Tail Race*)

Saluran buang berfungsi mengalirkan air keluar setelah memutar turbin.

g. Turbin Pelton

Muhammad Saleh Simamora pada jurnalnya yang berjudul Perancangan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton, turbin pelton merupakan pengembangan dari turbin impuls yang ditemukan oleh S.N.Knight tahun 1872 dan N.J. Colena tahun 1873 dengan pasang mangkok-mangkok pada roda turbin. Setelah itu turbin impuls dikembangkan oleh orang amerika Lester G. Pelton (1880) yang melakukan perbaikan dengan penerapan mangkok ganda simetris, punggung membelah membagi jet menjadi dua paruh yang sama yang dibalikan menyamping.

Turbin Pelton disebut juga turbin impuls atau turbin tekanan rata atau turbin pancaran bebas karena tekanan air keluar

nosel sama dengan tekanan atmosfer. Dalam instalasi turbin ini semua energi (geodetik dan tekanan) dirubah menjadi kecepatan keluar nosel. Energi yang masuk kedalam roda jalan dalam bentuk energi kinetik. Ketika melewati roda turbin, energi kinetik tadi dikonversikan menjadi kerja poros dan sebagian kecil energi ada yang terlepas dan ada yang digunakan untuk melawan gesekan dengan permukaan sudu turbin.

Turbin Pelton terdiri dari dua bagian utama yaitu nosel dan roda jalan (*runner*). Nosel mempunyai beberapa fungsi, yakni mengarahkan pancaran air ke sudu turbin, mengubah tekanan menjadi energi kinetik dan mengatur kapasitas kecepatan air yang masuk turbin. Jarum yang terdapat pada nosel berguna untuk mengatur kapasitas air dan mengarahkan konsentrasi air yang terpancar darimulut nosel. Panjang jarum sangat menentukan tingkat konsentrasi dari air, semakin panjang jarum nosel maka air akan semakin terkonsentrasi untuk memancarkan ke sudu jalan turbin.

Roda jalan pada turbin berbentuk plat dengan sejumlah sudu di sekelilingnya. Plat ini dihubungkan dengan poros dan seterusnya akan menggerakkan generator. Sudu turbin Pelton berbentuk elipsoida atau disebut juga dengan *bucket* dan di tengahnya mempunyai pemisah air (*splitter*).

h. Motor DC

Motor DC merupakan motor yang menggunakan sumber tegangan DC dan pada umumnya digunakan pada torsi yang relatif kecil dan menggunakan magnet permanen. (Radita Arinda, 2017)

Mekanisme kerja motor DC sebagai generator yaitu apabila motor DC mendapat putaran mekanik pada bagian rotor, maka kumparan motor akan menghasilkan GGL induksi karena kumparan rotor berputar pada magnet permanen di stator motor DC. Sebaliknya, apabila motor DC mendapat suplai tegangan sebesar tegangan *nameplate* maka motor DC akan menghasilkan tenaga mekanik berupa putaran poros.

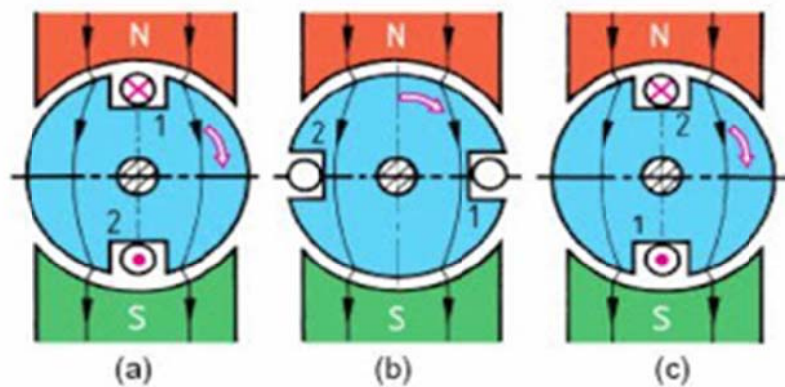
Pada motor DC kumparan medan disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tagangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik.

Prinsip dari arus searah adalah membalik fasa negatif dari gelombang sinusoidal menjadi gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet, dihasilkan tegangan (GGL).

Prinsip Kerja Motor DC sebagai generator pembangkitan tegangan induksi oleh sebuah generator diperoleh melalui dua cara:

- 1) Menggunakan cincin-seret, menghasilkan tegangan induksi bolak-balik.
- 2) Menggunakan komutator, menghasilkan tegangan DC.

Proses pembangkitan tegangan induksi tersebut dapat dilihat pada Gambar 11. dan Gambar 12.

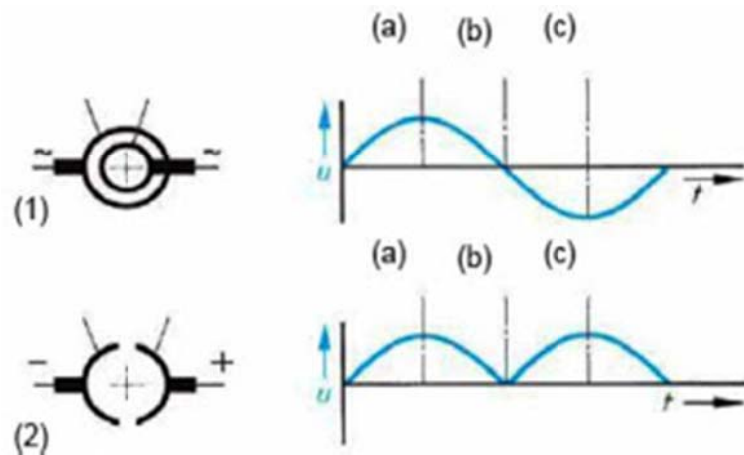


Gambar 11. Pembangkitan Tegangan Induksi

Sumber : www.arifsh2009.wordpress.com

Jika rotor diputar dalam pengaruh medan magnet, maka akan terjadi perpotongan medan magnet oleh lilitan kawat pada rotor. Hal ini akan menimbulkan tegangan induksi. Tegangan induksi terbesar terjadi saat rotor menempati posisi seperti Gambar 11. (a) dan (c). Pada posisi ini terjadi perpotongan medan magnet secara maksimum oleh penghantar. Sedangkan posisi jangkar pada Gambar 11. (b), akan menghasilkan tegangan induksi nol. Hal ini karena tidak adanya perpotongan medan magnet dengan

penghantar pada jangkar atau rotor. Daerah medan ini disebut daerah netral.



Gambar 12. Tegangan Rotor yang Dihasilkan Melalui Cincin Serat dan komutator

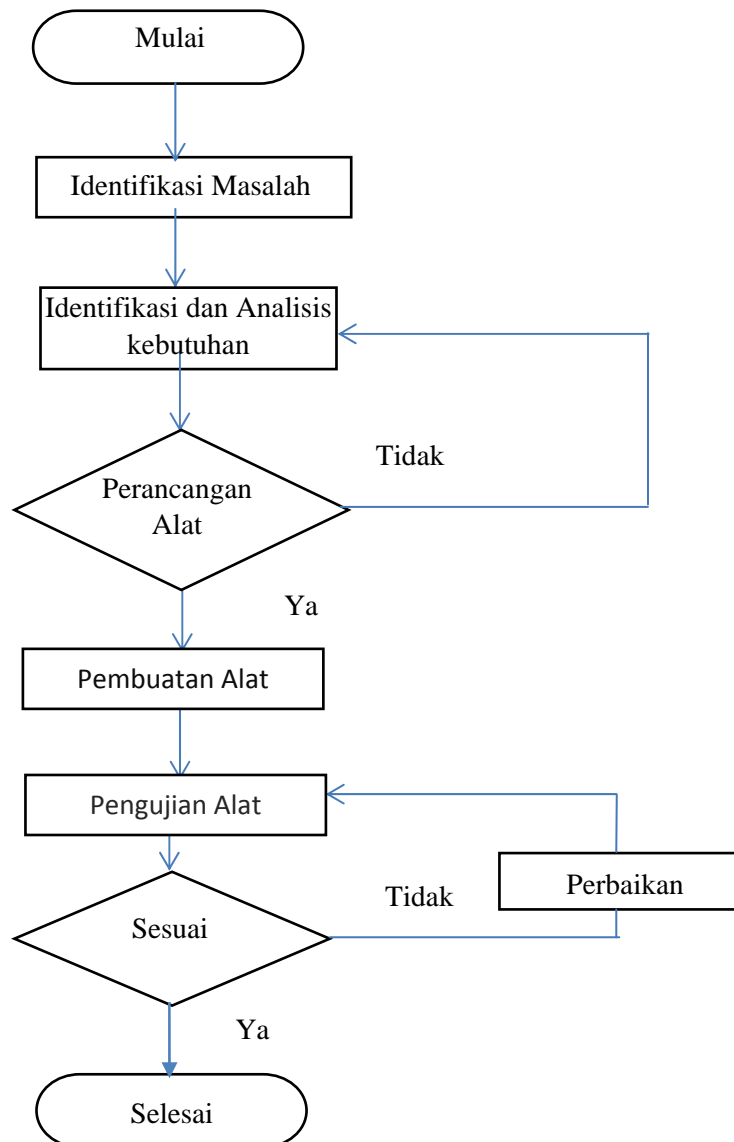
Sumber : www.arifsh2009.wordpress.com

Jika ujung belitan rotor dihubungkan dengan slip-ring berupa dua cincin (disebut juga dengan cincin seret), seperti ditunjukkan Gambar 12. (1), maka dihasilkan listrik AC (arus bolak-balik) berbentuk sinusoidal. Bila ujung belitan rotor dihubungkan dengan komutator satu cincin Gambar 12. (2) dengan dua belahan, maka dihasilkan listrik DC dengan dua gelombang positif. Besarnya tegangan yang dihasilkan oleh sebuah generator DC, sebanding dengan banyaknya putaran dan besarnya arus eksitasi.

BAB III

KONSEP PERANCANGAN

Proses perancangan dalam pembuatan alat ukur arus, tegangan, dan kecepatan generator pada *prototype* sistem listrik tenaga pikohidro melalui beberapa tahap. Tahapan-tahapan tersebut dapat dirumuskan dalam bentuk diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Alur Perancangan

Berdasarkan diagram alir tersebut proses pengerjaan proyek akhir ini menggunakan metode rancang bangun yang memiliki beberapa tahapan, di antaranya, identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan alat, proses pembuatan dan pengujian alat.

A. Identifikasi dan Analisis Kebutuhan

Tahap pertama yang dilakukan untuk merancang dan membuat alat ukur arus, tegangan, dan kecepatan generator berbasis Arduino UNO pada *prototype* pembangkit listrik pikohidro adalah identifikasi dan analisis kebutuhan. Adanya tahapan identifikasi dan analisis kebutuhan salah satu tujuannya adalah untuk mengetahui lebih jelas perangkat umum dari alat yang dibuat. Kebutuhan perangkat umum untuk proyek akhir ini diantaranya:

1. Sistem *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro

Prototype pembangkit listrik tenaga pikohidro merupakan *prototype* pengenalan teknologi pada sistem pembangkit listrik dengan menggunakan air sebagai penggerak turbin dan generator. Teknologi yang digunakan adalah mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator.

2. Sensor-sensor

Dalam proyek akhir ini menggunakan 3 sensor karena kebutuhan yang diukur 3 di antara sensornya yaitu modul sensor pembagi tegangan, sensor arus ACS172, dan modul kecepatan *slot*

optocoupler. Pemilihan sensor pembagi tegangan DC karena kelebihan dari konsep pembagi tegangan mampu membaca tegangan lebih dari 25 V atau disesuaikan dengan kebutuhan. Modul sensor arus (ACS712) digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini karena perangkat terdiri dari rangkaian sensor efek-*hall* yang linier, *low-offset*, dan presisi. Sedangkan memilih modul kecepatan *slot optocoupler* arduino karena lebar celah sensor 5mm untuk meletakkan piringan sebagai penanda putaran generator dan terdapat lampu indikator status *output high* dan *output low*. Tahap selanjutnya yang harus dilakukan adalah analisis kebutuhan berupa rincian alat dan bahan. Perincian bahan dan alat bisa dilihat pada Tabel 2. Tabel 3.

Tabel 2. Daftar Alat

No	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
1	Bor Listrik	Bor Tangan	1 buah
2	Mata bor	1 mm	1 buah
3	Obeng +/-	3 mm	1 buah
4	Multimeter	Digital	1 buah
5	Ampermeter		
6	Cutter	-	1 buah
7	Penggaris	-	1 buah
8	Tang kombinasi	-	1 buah
9	Solder	40 watt	1 buah
10	Tennol	-	1 gulung
11	Mur Baut	20	20 buah
12	Lem G	-	1 buah
13	Lem Tembak	-	1 buah

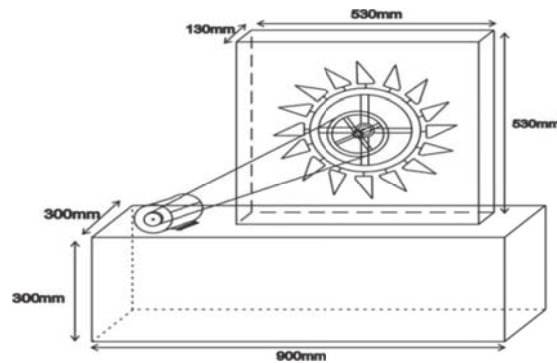
Tabel 3. Daftar Bahan

No	Nama Bahan	Spesifikasi	Jumlah
1	Arduino UNO	R3	1 buah
2	Sensor Arus	ACS712	1 buah
3	Sensor Tegangan	Maks 70 v	1 buah
4	Sensor Kecepatan	Tegangan kerja 3.3-5v	1 buah
5	Tombol Buttom		3 buah
6	Kabel Jumper	-	30 buah
7	Kabel NYAF	1.5 mm	1 meter
8	Boks hitam	14x9x5 cm	1 buah
9	Generrator	DC 400 w, 48 v	1 buah
10	Pompa air	-	1 buah
11	LCD	16x2	1 buah
12	Pipa PVC	3/4"	1 buah
13	PCB lubang	5x5 cm	1 buah

B. Tahap Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

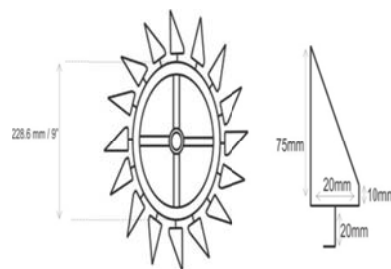
1. Perancangan *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro

Desain *prototype* yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar 14.



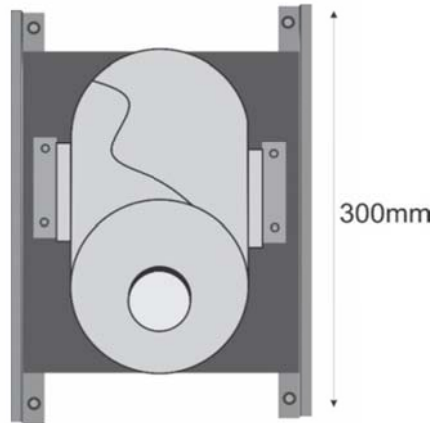
Gambar 14. Desain *Prototype*

prototype pembangkit listrik tenaga pikohidro dalam aplikasinya menggunakan turbin jenis pleton, karena paling mudah dalam perawatan dan penggantian komponen-komponen bila terjadi kerusakan.



Gambar 15. Desain Turbin

Desainudukan untuk generator dibuat dengan betumpu pada kerangka besi. Tujuannya agar kerangka dapat menahan getaran yang dihasilkan oleh generator ketika berputar. Desain generator dapat dilihat pada Gambar 16. berikut:



Gambar 16. Desain Generator

Gambar 17. dan Gambar 18. merupakan dua buah bearing yang dipasang sejajar pada boks acrylic digunakan untuk dudukan turbin sehingga turbin dapat beputar dengan lancar.

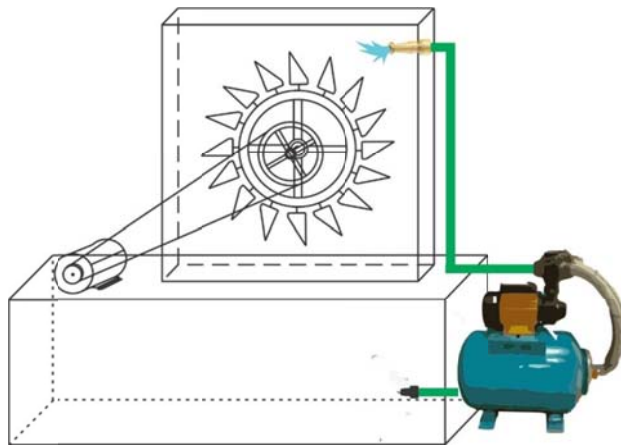


Gambar 17. Bearing Sisi Kanan



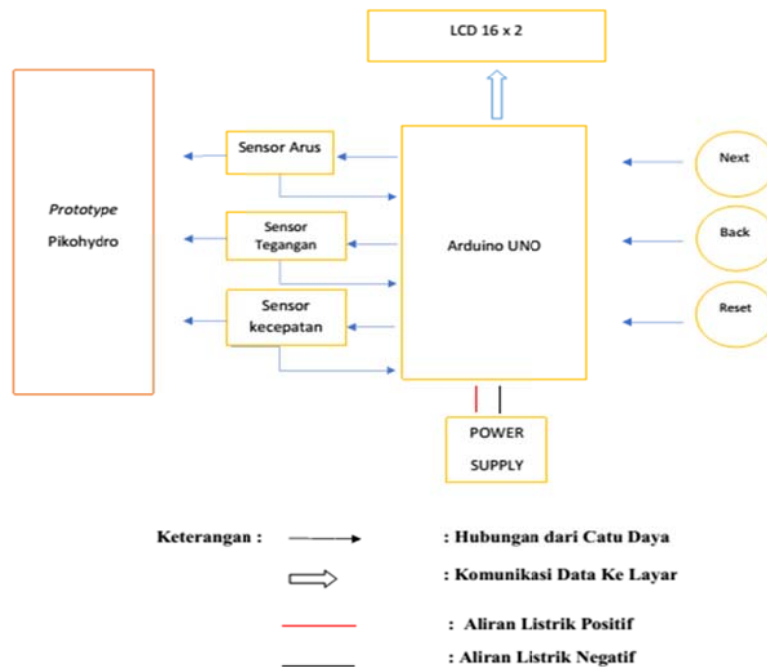
Gambar 18. Bearing sisi kiri

Pada *prototype* ini energi potensial air didapatkan dari pompa air. Air yang keluar dari pompa air diarahkan ke turbin sehingga dapat memutar turbin yang seporos dengan generator. Hasilnya dapat berupa gaya gerak listrik dan menimbulkan adanya energi listrik oleh generator.



Gambar 19. Desain Rancangan Pompa Air

2. Perancangan Penggunaan Sensor dan Komponen



Gambar 20. Blok Diagram Perancangan Alat

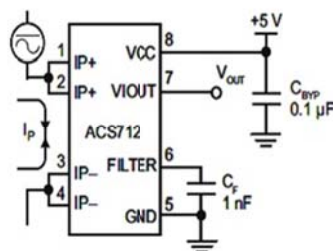
Alat ini menggunakan 3 sensor dan 1 komponen untuk pengukuran yaitu sensor arus ACS 712, sensor pembagi tegangan DC, sensor kecepatan *slot optocoupler*, dan LCD 16 x 2. Masing-masing sensor bekerja dengan mendeteksi tiap variabel yang dibutuhkan dan diubah menjadi data berupa arus, tegangan, dan kecepatan kemudian data tersebut diproses mikrokontroler Arduino UNO dan ditampilkan oleh LCD 16x2 secara otomatis.

Tabel 4. Tabel Pin Rangkaian Output

Port Arduino	Keterangan
A0	Sensor Tegangan DC
Digital 2	Sensor Kecepatan
A4	Sensor Arus DC
8	Reset
7	Next
6	Back

a. Sensor Arus ACS712

Sensor arus yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah ACS712-5A yang berfungsi sebagai pengubah arus analog menjadi tegangan analog yang linier sesuai *datasheet*. Tegangan input (Vcc) sensor ACS712 memiliki cakupan 3 V sampai 12 V, dan output yang berbanding lurus dengan tegangan sumber. Vout sensor arus dihubungkan dengan port A4. Berikut merupakan gambar rangkaian perencanaan sensor tegangan yang ditunjukkan pada Gambar 21.



Gambar 21. Rangkaian Sensor ACS712
Sumber : www.electricityofdream.blogspot.co.id

b. Sensor Tegangan DC

Sensor tegangan DC menggunakan prinsip rangkaian pembagi tegangan yang berfungsi sebagai pendeteksi besaran tegangan pada sistem *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro. Rangkaian pembagi tegangan ini termasuk rangkaian yang sederhana yaitu dengan menseerikan 2 buah resistor yaitu 4.7k Ohm dan 100k Ohm.

Sesuai dengan hukum Ohm, maka pada rangkaian seri, besar arus yang mengalir adalah sama, tegangan tergantung dari nilai hambatan yang dilaluinya. Untuk persamaan yang digunakan dengan rangkaian seperti Gambar 23. adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = (R_1 / (R_1 + R_2)) \times V_{in}$$

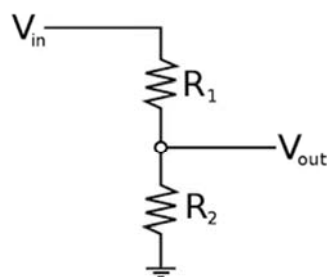
di mana :

V_{out} = Tegangan keluaran

R_1 = Resistor pertama

R_2 = Resistor kedua

V_{in} = Tegangan masukan

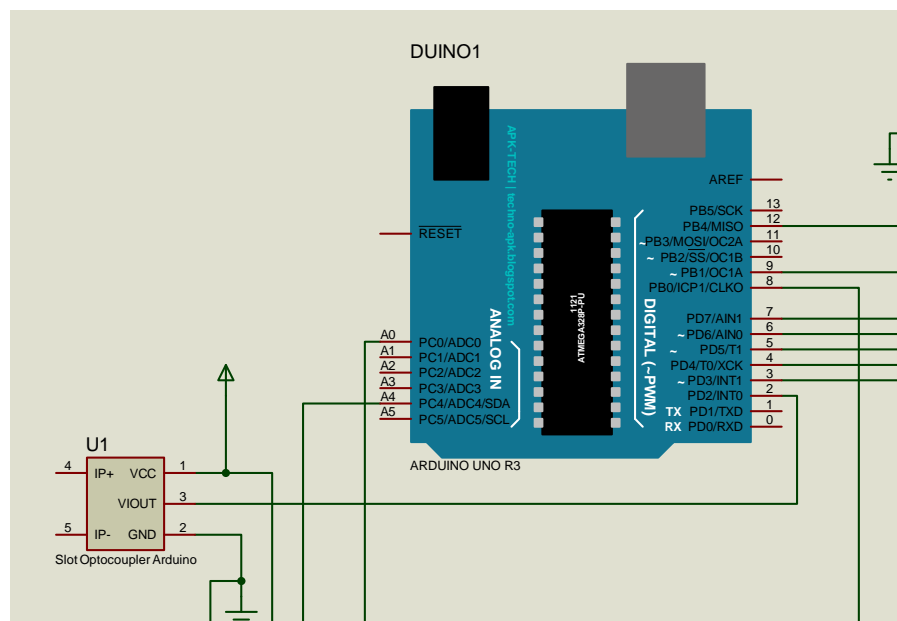


Gambar 22. Rangkaian Tegangan Sensor DC

c. Sensor Kecepatan *Slot Optocoupler* Arduino

Ada beberapa metode pengukuran kecepatan putaran motor, salah satunya adalah *optocoupler* tipe slot dan sebuah piringan derajat yang diintegrasikan pada mekanik motor. Piringan derajat yang telah diberi lubang-lubang berjarak sama persis akan ikut berputar saat motor berputar, dan lubang-lubang tersebut akan membuat *optocoupler* menghasilkan pulsa-pulsa akibat dari terbuka-tertutupnya slot di antara LED-IR dan phototransistor pada *optocoupler*.

Cara kerja *slot optocoupler* ketika modul penerima tidak hidup, DO output *low*. Ketika DO output *High* DO dapat dihubungkan ke relay, terdiri dari saklar pembatas dan fungsi lainnya, dapat juga dihubungkan ke modul buzzer termasuk alarm.

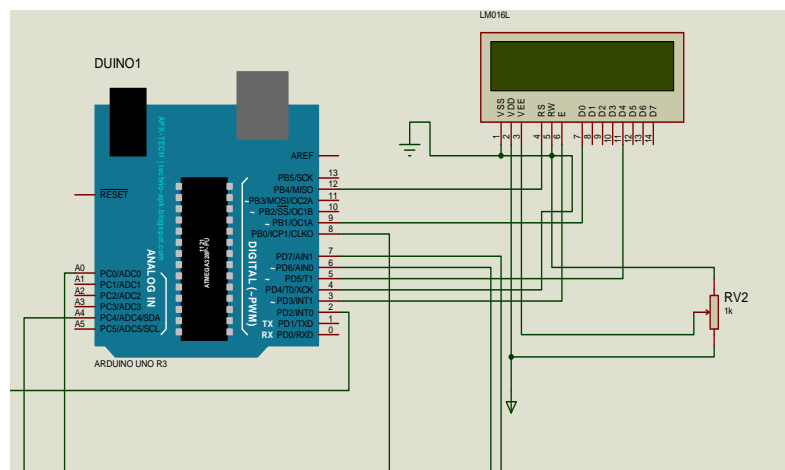


Gambar 23. Rangkaian Sensor Kecepatan

d. Perancangan LCD 16x2

Dalam Proyek akhir ini LCD yang digunakan yaitu 16x2 sehingga dapat menampilkan data yang berupa huruf dan angka sebanyak 16 karakter dan 2 baris. LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan data yang sudah didapatkan dan diolah pada mikrokontroler dan digunakan sebagai penampil data secara visual berdasarkan pengukuran dari sensor-sensor tersebut.

LCD memiliki 8 kaki untuk dihubungkan dengan mikrokontroler dan sumber tegangan, susunan penempatan pin sudah diatur sehingga tidak boleh salah dalam pemasangan pin satu dengan yang lain. Berikut merupakan gambar rangkaian perancangan LCD yang ditunjukkan



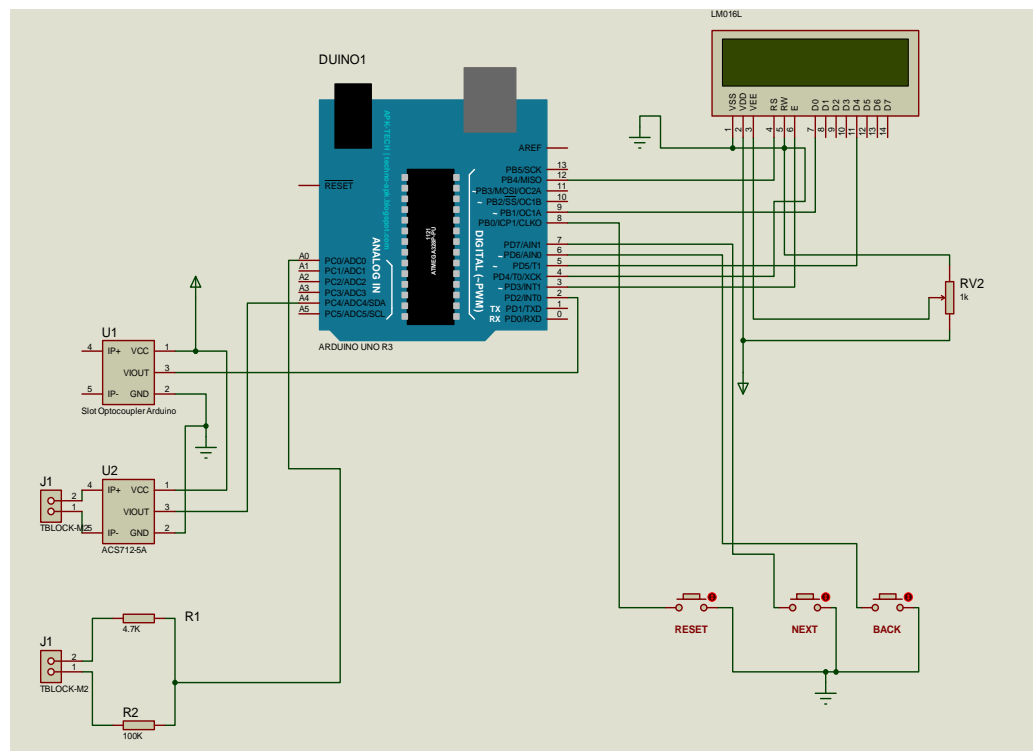
Gambar 24. Rangkaian LCD 16x2

e. Perancangan Tombol Push Button

Ada tiga tombol push button yang akan terpasang pada boks, yang berfungsi sebagai tombol reset, *next*, *back*. Kaki-kaki dari push button mempunyai tempat tersendiri di arduino, jika reset berada di port 8, *next* 7, *back* 8.

f. Perencanaan Penggunaan Modul Arduino

Skema perancangan arduino UNO untuk membaca arus, tegangan dan kecepatan generator yang kemudian hasil pembacaanya ditampilkan ke LCD.



Gambar 25. Penggunaan Modul Arduino

g. Perancangan Boks

Semua komponen penunjang alat diletakkan pada suatu wadah yang berukuran 14x9x5 cm. Alasan komponen diletakkan dalam boks

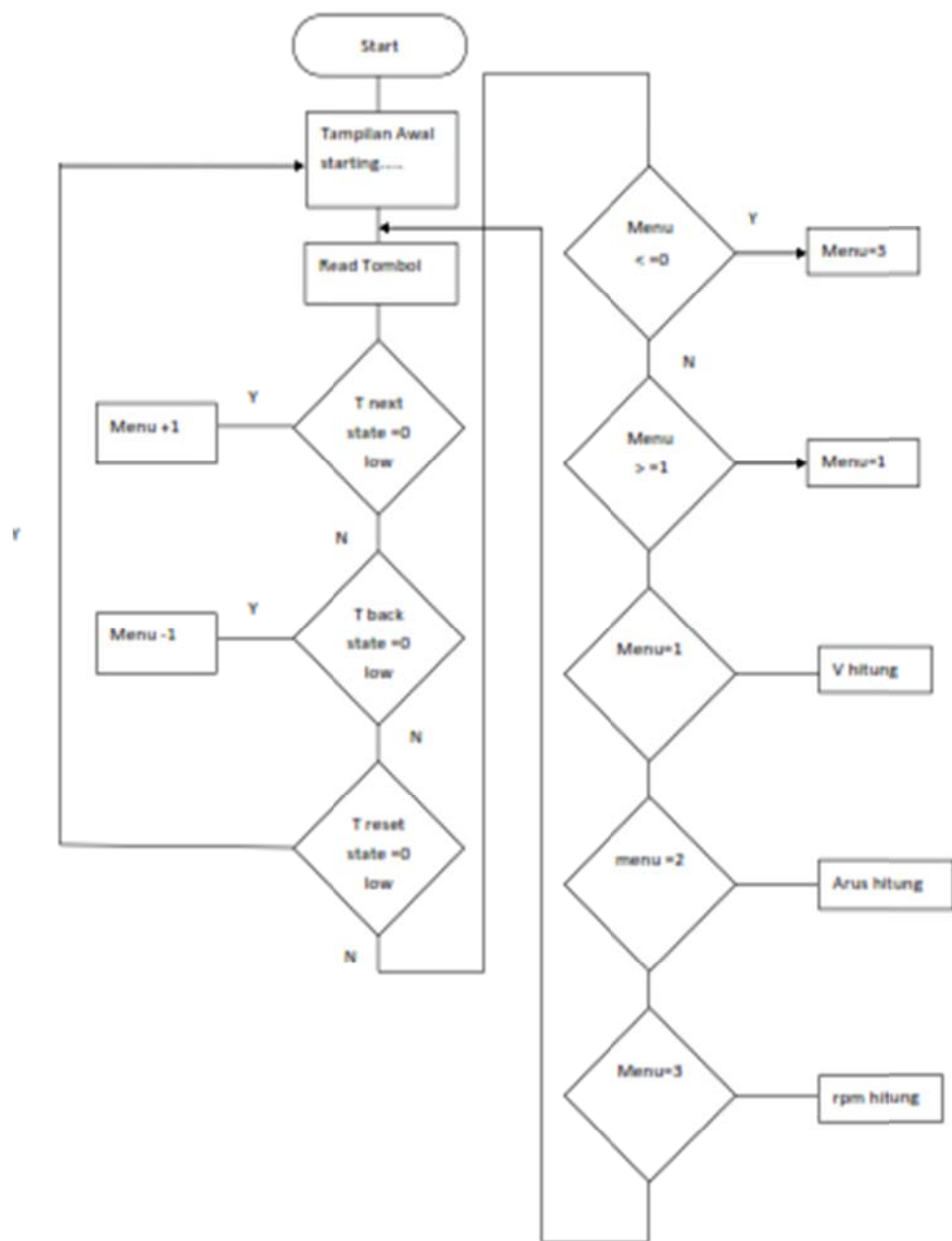
agar semua komponen dapat terlindungi dan menjaga rangkaian yang di dalamnya tidak menjadi lembab karena kelembapan udara dapat mengganggu rangkaian kelistrikan proyek akhir ini.

Perancangan tampilan pada boks memiliki lubang untuk diisi dengan LCD, tombol, dan output. Secara keseluruhan desain boks dibuat sedemikian rupa untuk mempermudah dalam pembacaan yang ditampilkan LCD, dan mempermudah dalam perbaikan rangkaian kelistrikan jika terjadi kerusakan.

C. Tahap Perancangan Program Arduino

Dalam perancangan pengukuran arus, tegangan, dan kecepatan sistem *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro memanfaatkan piranti pengolah data dan kontrol berupa Arduino UNO R3. Bahasa pemrograman Arduino adalah bahasa C yang sudah dipermudah menggunakan fungsi-fungsi sederhana sehingga pemula pun dapat mempelajarinya dengan cukup mudah. Langkah awal *settingtype* Arduino dan port COM selanjutnya tuliskan program sesuai kebutuhan.

Untuk memastikan program sudah tertulis dengan benar pilih *compile*, jika tidak ada kesalahan, maka program sudah bisa di *upload*. Proses *upload* akan berjalan beberapa detik, jika kode program sudah tidak ada kesalahan akan ada notifikasi '*done uploading*' yang menandakan program sudah berhasil transfer pada board Arduino.



Gambar 26. Diagram Alir Program

D. Rencana Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan bertujuan untuk mengetahui kinerja dari alat pengukuran arus, tegangan, dan kecepatan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro yang ditampilkan di LCD. Maka perlu dilakukan pengujian dan pengambilan data. Dalam pengujian alat dilakukan dua tahap yaitu tahap pengujian tiap-tiap komponen dan pengujian keseluruhan. Dalam pengujian ini maka diperlukan alat-alat, yakni multimeter, ampermeter, *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro, kabel jumper, dan tachometer.

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kalibrasi sensor tegangan DC, sensor arus dan sensor kecepatan. Selain mengkalibrasi sensor perlu dilakukan pengujian secara keseluruhan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro. Tabel pengujian dapat dilihat pada Tabel 5. , Tabel 6. , dan Tabel 7.

a. Rencana Pengujian Sensor Arus DC

Tabel 5. Rencana Pengujian Sensor Arus

No	Besar Beban	Pembacaan Arus oleh Sensor	Pembacaan Arus Amperemeter	Selisih	Persentase selisih (%)
1					
2					
3					
4					
5					
6					

b. Rencana Pengujian Sensor Pembagi Tegangan

Tabel 6. Rencana Pengujian Sensor Pembagi Tegangan

No	Besar beban (ohm)	Pembacaan Sensor (V)	Pembacaan Tegangan oleh Multimeter	Selisih (V)	Persentase selisih (%)
1					
2					
3					
4					
5					
6					

c. Rencana Pengujian Sensor kecepatan *slot optocoupler*

Tabel 8. Rencana Pengujian Sensor kecepatan *slot optocoupler*

No	Besar beban (ohm)	Pembacaan Sensor (rpm)	Pembacaan kecepatan oleh tachometer	Selisih (V)	Persentase selisih (%)
1					
2					
3					
4					
5					
6					

BAB IV

PENGUJIAN, HASIL, DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Realisasi Pengukuran Arus, Tegangan, dan Kecepatan Generator

Pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro

Wujud fisik alat dapat dilihat pada Gambar 28. Sesuai perencanaan awal mikrokontroller yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah Arduino UNO R3 untuk mengolah sensor dan menampilkan hasil pembacaan tiap sensornya di LCD. Dalam proyek akhir ini sensor yang digunakan ada 3 jenis sensor, yaitu: (1) sensor tegangan DC dengan menggunakan dua resistor sebagai pembagi tegangan, yang mampu membaca tegangan maksimal 70VDC (2) sensor arus DC menggunakan modul ACS712 memiliki kemampuan maksimal membaca arus 5A (4) Sensor Kecepatan *Slot Optocoupler*.



Gambar 27. Wujud Fisik Alat

B. Pengujian

Adanya pengujian dan pengambilan data pada alat ukur digital pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro adalah untuk mengetahui kemampuan dan unjuk kerja sistem tersebut. Pengujian dilakukan per bagian sensor pengujian kode program, dan pengujian keseluruhan. Pengambilan data dari pengujian pengukuran arus, tegangan dan kecepatan generator berbasis Arduino UNO pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro dilakukan dua kali. Pertama di samping bengkel teknologi mekanik Jurusan Pendidikan Teknik Elektro UNY. Kedua di depan bengkel Instalasi Listrik.

1. Pengujian per bagian sensor

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian pengukuran arus, tegangan dan kecepatan generator berbasis Arduino UNO pada *prototype* tenaga pikohidro meliputi :

a. Alat dan Bahan Untuk Uji Teknis

Tabel 8. Alat dan Bahan Untuk Uji Teknis

No	Alat dan bahan	Jumlah
1.	<i>Amperemeter DC</i>	1 Buah
2.	<i>Multimeter</i>	1 Buah
3.	Tachometer	1 Buah
4.	Rheostat	1 buah

b. Langkah-langkah pengujian

- 1) Memeriksa instalasi yang terpasang pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro.
- 2) Memeriksa rangkaian pengukuran digital.
- 3) Hubungkan *input* sensor tegangan, sensor arus, dan sensor keceptan generator sesuai dengan ketentuan rangkaian.
- 4) Lakukan pengukuran dan pencatatan hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur sesuai keperluan.
- 5) Pada pengujian sensor, lakukan perhitungan perbandingan antara alat ukur dengan sensor yang diuji dengan rumus persentase selisih sensor sebagai berikut:

$$\frac{\text{Pembacaan Alat Ukur} - \text{Hasil Pembacaan Sensor}}{\text{Pembacaan Alat Ukur}} \times 100 \%$$

c. Proses Pengujian

1) Pengujian Sensor Arus AC127

Pengujian sensor arus bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sensor arus tersebut. Pegujian dilakukan dengan cara membandingkan perhitungan arus hasil pembacaan alat ukur manual dengan hasil pembacaan ACS712. Tahap pengujian yaitu hubungkan sensor dengan tegangan kerja VDC lalu memberi beban DC untuk pengukuran arus DC.

Tabel 9. Hasil Pengujian Sensor Arus DC

No	Besar Beban	Pembacaan Arus oleh Sensor	Pembacaan Arus Amperemeter	Selisih	Persentasi selisih %
1	Tanpa Beban	0	0	0	0
2	485	0,04	0,05	0,01	2
3	400	0,05	0,06	0,01	1,6
4	300	0,06	0,07	0,01	1,42
5	200	0,08	0,09	0,01	1,11
6	100	0,09	0,11	0,01	0,9

Pengujian sensor arus DC dengan tanpa beban dan berbeban rheostat hasilnya dapat dilihat pada Tabel 9. Bahwa dalam pengukurannya hasil yang didapat adalah stabil. Sesuai data pada Tabel 9. maka dapat dihitung rata-rata kesalahan = 1,17%

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata Kesalahan} &= \frac{\text{Jumlah Persentase Kesalahan}}{\text{Jumlah Data}} \% \\
 &= \frac{7,03}{6} \% \\
 &= 1,17 \%
 \end{aligned}$$

2) Sensor Tegangan DC

Tujuan pengujian sensor tegangan DC yaitu untuk mengetahui kinerja *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro dan program yang telah dibuat. Langkah-langkah yang harus dilakukan saat pengujian sensor tegangan DC adalah pertama, hubungkan keluaran tegangan generator 0-70 VDC

pada catu daya ke input sensor tegangan DC pada alat pengukuran digital untuk memperoleh data pengujian. Kedua, lakukan pembacaan hasil pengukuran dengan multimeter sesuai dengan tabel pengujian. Setelah melakukan pencatatan selesai bandingkan antara pembacaan sensor dan multimeter.

Tabel 10. Pengujian Tegangan DC

No	Besar beban (ohm)	Pembacaan Sensor (V)	Pembacaan Tegangan oleh Multimeter	Selisih (V)	Persentase selisih (%)
1	Tanpa Beban	47 V	47,11 V	0,11	0,23
2	485	28 V	28,3 V	0,3	1,06
3	400	26 V	26,3 V	0,3	1,14
4	300	21 V	21,6 V	0,6	2,77
5	200	17 V	17,78 V	0,78	4,38
6	100	14 V	15.35 V	1,35	8,79

Pengujian sensor tegangan DC dilakukan dengan membandingkan dengan alat ukur multimeter. Sensor tegangan DC pada *prototype* nantinya digunakan sebagai pembaca tegangan output (keluaran) generator yang akan hasilnya ditampilkan pada LCD. Berdasarkan pengujian yang dilakukan sesuai dengan Tabel 10.

Pengujian menggunakan sumber 5 VDC. Sensor ini memiliki tingkat persentase selisih paling besar yaitu 8,79% pada

tegangan pembacaan multimeter pada V_{sumber} sebesar 15.35 VDC. Sesuai data pada Tabel 10. maka dapat dihitung rata-rata kesalahan = 3.061%

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata Kesalahan} &= \frac{\text{Jumlah Persentase Kesalahan}}{\text{Jumlah Data}} \% \\ &= \frac{18,37}{6} \% \\ &= 3,061 \%\end{aligned}$$

3) Pengujian Sensor Kecepatan *Slot Optocoupler*

Tujuan adanya pengujian sensor kecepatan *slot optocoupler* untuk mengetahui kinerja dari sensor tersebut. Pengujian ini dilakukan dengan cara pembandingan tachometer dengan sensor kecepatan *slot optocoupler* pada tiap putaran dengan beban berbeda. Hasil pada pengujian sensor *slot optocoupler* dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Pengujian sensor Kecepatan *Slot Optocoupler*

No	Besar beban (ohm)	Pembacaan Sensor (rpm)	Pembacaan Kecepatan oleh Tachometer	Selisih (rpm)	Presentasi selisih (%)
1	Tanpa Beban	750 rpm	777 rpm	27	3,47
2	485	540 rpm	556,9 rpm	16,9	3,03
3	400	432 rpm	435 rpm	3	0,68
4	300	371,6 rpm	372 rpm	0,4	0,10
5	200	316,6 rpm	318 rpm	1,4	0,44
6	100	237 rpm	240 rpm	3	1,25

Pengujian sensor Kecepatan *Slot Optocoupler* dilakukan dengan cara membandingkan dengan alat ukur tachometer. Pada jenis ini memungkinkan untuk melakukan pengukuran dari jarak jauh. Laser Tachometer bekerja dengan sensor cahaya yang sangat sensitif terhadap elemen berputar. Rpm meter ini mengukur tingkat di mana berkas cahaya dipantulkan kembali. Hasil Pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 12.

Dengan hasil pengujian tersebut dapat dihitung persentase rata-rata kesalahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata Kesalahan} &= \frac{\text{Jumlah Persentase Kesalahan}}{\text{Jumlah Data}} \% \\
 &= \frac{8,97}{6} \%
 \end{aligned}$$

$$= 1,49\%$$

2. Pengujian Kode Program Arduino

Pemrograman arduino ini menggunakan bahasa C, setelah proses perancangan program berhasil membaca sensor dan menampilkan hasil pengukurannya pada LCD. Kode program pada di bawah ini menjelaskan pendeklarasian variabel, fungsinya untuk mendeskripsikan variabel-variabel yang akan digunakan untuk menjalankan program utama.

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Wire.h>
float Vo, Vi, R1, R2, adc;
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 9);
float value = 0;
float rev = 0;
int rpm;
const int TReset = 8;
const int TNext = 7;
const int TBack = 6;
int TResetState = 0;
int TNextState = 0;
int TBackState = 0;
int menu = 0;
float arus, kec, teg ;
```

Tahapan setelah pendeklarasian variable adalah void setup (). Fungsi dari kode tersebut untuk menginisiasi variabel, dan mengatur mode pin pada board. Bagian ini hanya dijalankan sekali pada saat awal program dijalankan atau direset.

```
void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.clear();
  lcd.print("Starting...");
  delay(1000);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("<<Tugas Akhir>>");
  lcd.setCursor(0, 1);
```

```

    lcd.print("<<14506134001>>");
    delay(1000);
    Serial.begin(9600);
    R1 = 100000.0;
    R2 = 4700.0;
    pinMode(A0, INPUT);
    pinMode(arus, INPUT);
    pinMode(TReset, INPUT_PULLUP);
    pinMode(TNext, INPUT_PULLUP);
    pinMode(TBack, INPUT_PULLUP);
    menu = 1;
}

```

Bagian loop atau merupakan bagian utama dari kode program yang akan dijanlakan berulang kali. Fungsi dari adanya kode loop pada alat ini yaitu pembacaan sensor, penampilan hasil ukur pada LCD.

```

void loop() {
    unsigned long currentMillis = millis();
    TResetState = digitalRead(TReset);
    TNextState = digitalRead(TNext);
    TBackState = digitalRead(TBack);
    if (TNextState == LOW)
    {
        delay(20);
        while (TNextState == LOW) {
            TNextState = digitalRead(TNext);
        }
        menu = menu + 1;
    }
    else if (TBackState == LOW)
    {
        delay(20);
        while (TBackState == LOW) {
            TBackState = digitalRead(TBack);
        }
        menu = menu - 1
    }
}

```

3. Pengujian Keseluruhan



Gambar 28. Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan meliputi pengujian unjuk kerja pada setiap unit sensor dan tiga tombol yang berfungsi sebagai *reset*, *next*, dan *back*. Pengujian yang dilakukan yaitu pembacaan sensor tegangan DC untuk tanpa beban dan beban, arus DC untuk pembacaan arus beban, dan sensor kecepatan *slot optocoupler* untuk kecepatan generator. Pada pengujian ini dilaksanakan di halaman Bengkel Perbaikan Listrik. Media yang digunakan dalam pengujian ini berupa *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro, rheostat 1 buah.

Langkah awal untuk menggunakan program arduino adalah *settingtype* Arduino dan port COM, selanjutnya tuliskan program

sesuai kebutuhan. Untuk memastikan program sudah tertulis dengan benar pilih *compile*, jika tidak ada kesalahan, maka program sudah bisa di *upload*. Proses *upload* akan berjalan beberapa detik, hingga ada notifikasi '*done uploading*' yang menandakan program sudah berhasil transfer pada board Arduino.

C. Pembahasan

Pembahasan bertujuan untuk melihat seberapa besar keberhasilan implementasi alat ukur digital dan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro secara digital dan manual. Pengujian dan pengambilan data dilakukan dua kali. Pengambilan data ke dua yang hasilnya ditulisa di laporan tugas akhir ini. Pengujian dilakukan di halaman Bengkel Perbaikan Listrik pada pukul 14.00 sampai 15.30 dengan 6 data per masing-masing sensor, seperti yang dilihat pada Tabel 10. sampai Tabel 12. Pengujian ini memerlukan alat dan bahan perangkat pendukung seperti Amperemeter DC, multimeter, kabel penghubung (*jumper*), tachometer, dan rheostat.

Hasil pengujian didapat bahwa pembacaan arus sensor dengan perhitungan arus memiliki data yang stabil, karena sampling pembacaan tiap 1 detik. Data arus yang diperoleh dari hasil pengujian adalah semakin besar tahanan pada rheostat arus yang mengalir semakin kecil. Hal ini dapat dibuktikan pada data yang diperoleh, beban (rheostat) senilai 485 arus yang diperoleh dari pembacaan sensor 0,04 selisih 0,01 dengan pembacaan arus menggunakan ampermeter. Sedangkan pada beban

(rheostat) terendah, pembacaan sensor 0,09, dan pembacaan arus menggunakan ampermeter adalah 0,11, selisih 0,01.

Generator dapat menghasilkan tegangan DC sesuai *name plate*. Pengujian dilakukan dengan tanpa beban dan beban penuh. Semakin besar tahanan pada rheostat, maka semakin besar tegangan yang didapatkan. Pada tahanan beban senilai 485, sensor dapat membaca tegangan sebesar 28 V. Sedangkan pada tahanan beban senilai 100, tegangan yang dihasilkan sebesar 14 V.

Data pengukuran kecepatan seperti pada tabel 20. Beban 100 ohm menghasilkan kecepatan 237 rpm, sedangkan beban dengan tahanan 485 ohm putaran generator menjadi 540 rpm. Maka dari data di atas menunjukkan bahwa saat generator dibebani beban berupa rheostat dengan tahanan yang kecil maka putaran generator melambat. Semakin besar beban yang terpasang maka semakin berat pula putaran generator, dan apabila beban terlalu berat generator akan berhenti berputar karena dorongan air tidak dapat memutar turbin dan generator.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah melalui tahap perancangan, pembuatan, pengujian, dan pembahasan alat, tugas akhir dengan judul “Pengukur Arus, Tegangan, dan Kecepatan Generator Bebas Arduino UNO pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro” dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat pengukuran digital terdiri atas rangkaian Arduino UNO, sensor tegangan DC, sensor arus DC, dan sensor kecepatan.
2. Pengukuran Arus DC memiliki kesalahan rata-rata sebesar 1,17 %. Pengukuran tegangan DC memiliki kesalahan rata-rata sebesar 3,061%, dan pengukuran kecepatan 1,49%. Sensor akan membaca arus, tegangan, dan kecepatan, hasil pembacaan sensor akan ditampilkan di LCD berukuran 16x2.

B. Keterbatasan

Beban yang digunakan untuk pengambilan data hanya menggunakan rheostat. Tidak adanya pelindung untuk sensor kecepatan yang tidak dimasukkan ke dalam boks. Sensor arus ACS712 belum secara otomatis membaca arus hingga milimeter sehingga perlu adanya rumus khusus untuk ditambahkan di dalam programnya. Perancangan boks yang belum sempurna barakibat pada ukuran boks yang masih terlalu besar dan tidak efektif untuk dibawa ke mana-mana.

C. Saran

Berdasarkan keterbatasan pembuatan Pengukur Arus, Tegangan, Dan Kecepatan Generator Bebas Arduino UNO Pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro, di luar kepentingan pembelajaran saran yang dapat penulis tulis adalah alat pengukuran digital ini perlu adanya *monitoring* penyimpanan menggunakan database *online* dan ditampilkan dalam sebuah website berupa tabel, grafik dan *download* dengan format excel agar data dapat terkontrol dan dapat dibuka kapan pun dan di mana saja. Variasi pengukuran yang menggunakan sensor perlu ditambah misalnya pengukuran debit air karena dengan pengukuran debit air dapat diketahui seberapa besar pengaruhnya air pada putaran turbin dan generator.

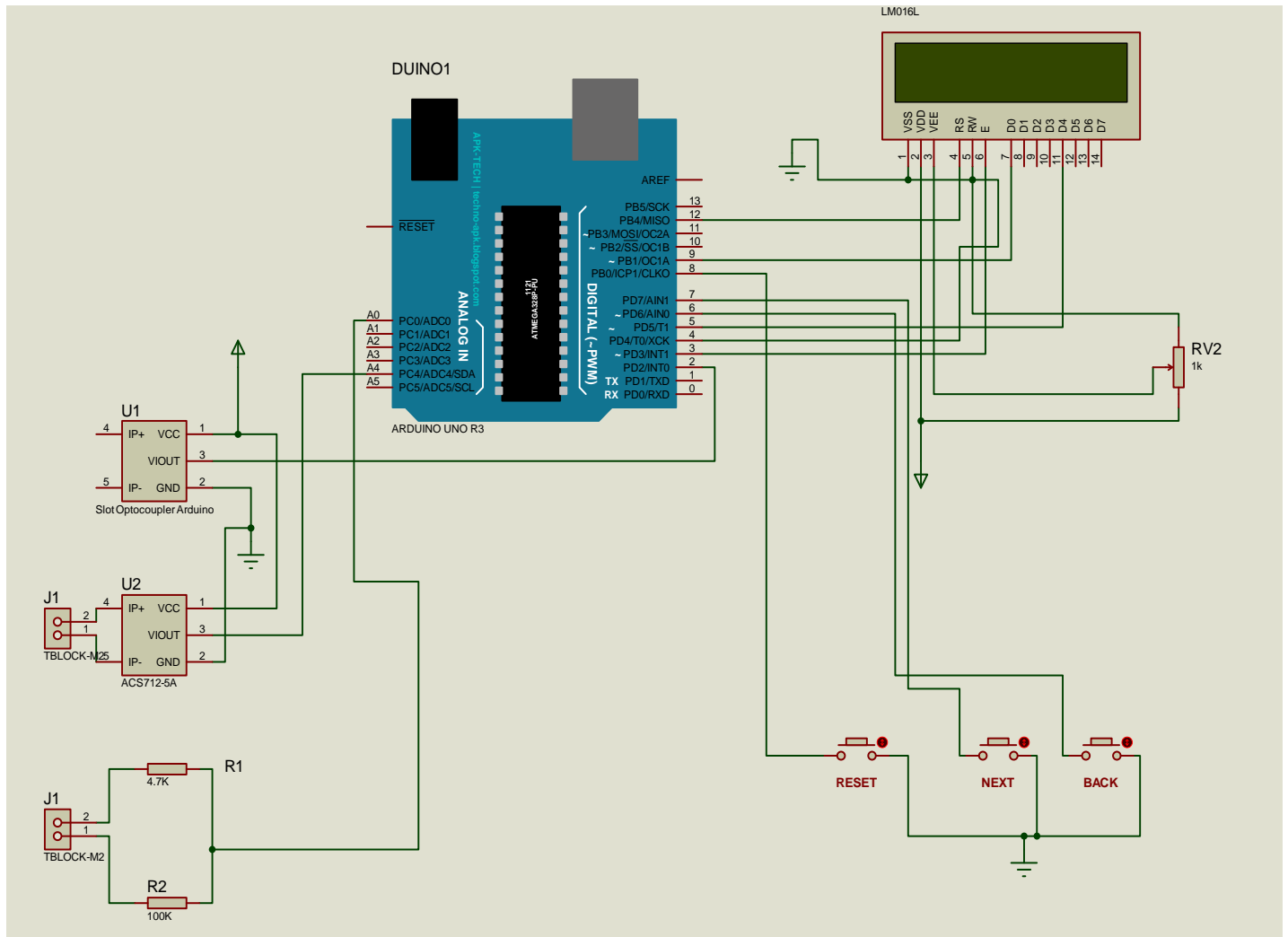
DAFTAR PUSTAKA

- Adimas dkk. (1987). *Trend Home Electronics seri 1*. Solo: CV Aneka.
- Afrizal, F. (2016). *Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway*. *Electrician*, 10, 2, 1-12.
- Andalan Elektro. (2016). *Karakteristik Sensor Suhu ACS712*. Di ambil pada tanggal 10 Februari 2018, dari <https://www.andalanelektro.id/2018/11/karakteristik-sensor-suhu-ac712.html>
- Arduino Uno R3. Diambil pada tanggal 15 Februari 2018, dari <http://buaya-instrument.com/arduino-uno-r3-0601030005.html>
- Arindya, Radita. (2017). *Mekatronika*. Yogyakarta: Teknosain.
- Depok Instruments. (2012). *ACS712 (Allegro Current Sensor)*. Diambil pada tanggal 10 Februari 2018, dari <https://depokinstruments.com/2012/03/29/sensor-arus-listrik-ac712/>
- Dian, A. (2017). *Interface Sensor dan Akuator menggunakan Proteus, Arduino dan Labview*. Yogyakarta: Deepublish.
- Elektronika Dasar. (2012). Diambil pada tanggal 15 Februari 2018, dari <http://elektronika-web.id/pembagi-tegangan-voltage-divider/>.
- Fransiscus dkk. (2006). *Rancang Bangun Alat Pembatas Arus Listrik Dan Monitoring Pemakaian Daya Pada Rumah Sewa Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno*. *JCONES* Vol. 5. No. 1. 136-143
- Feri, D. (2011). *Pengenalan Arduino*. Jakarta: Tobuku.com. Diederich, P. (1936). *A Master List of Types of Pupil Activities*.
- Mikro AVR Learning Sharing. (2018). *Sensor Arus (ACS712)*. Diambil pada tanggal 10 Februari 2018, dari <https://mikroavr.com/sensor-arus-listrik-ac712-30a-atmega/>
- Simamora, Saleh. *Perancangan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton*. Jurnal perancangan alat uji prestasi turbin pelton.
- Huckster.io. (2016). *Measure motor speed (RPM) with Optocoupler and Encoder disk*. Diambil pada tanggal 10 Februari 2018, dari <https://www.hackster.io/mitov/measure-motor-speed-rpm-with-optocoupler-and-encoder-disk-c3a0e4>
- Istiyanto, Jati Eko. (2014). *Pengantar Elektronika dan Instrumental Pendekatan Project Arduino dan Android*. Yogyakarta: Andi Offset
- Nurchahyo, S. (2012). *Aplikasi dan Teknik Pemrograman Mikrokontroler AVR Atmel*. Yogyakarta: Andi.

- Nyebarilmu. (2017). *Tutorial Arduino mengakses sensor arus*. Diambil pada tanggal 10 Februari 2018, dari <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-sensor-arus/>
- Ratih, L. (2018). *Dasar Listrik dan Elektronika*. Yogyakarta: Deepublish.
- Riantiningsih, W. Nurdila. 2009. *Pengamanan Rumah berbasis MC ATmega 8535 dengan sistem informasi menggunakan PC*. Universitas Sumatra Utara. Medan
- Rino, N.F. (2017). *Trainer Kit Mikrokontroler (Pembuatan Arduino Uno)*. Diambil Pada tanggal 5 Februari 2018, dari <https://repository.polibatam.ac.id/uploads/2020171019051057.pdf>
- Setiyo, Muji (2017). *Listrik & Elektronika Dasar Otomotif*. Malang: Unima Press
- Sudana, I Made. (2010). *Alat Ukur Kadar Air Dalam Tanah (Soil Tester) Berbasis Mikrokontroler At89c51*. Jurnal Teknik Elektro Vol. 2 No.1 Januari - Juni
- Tooley, Mike .(2005). *Rangkaian Elektronik Prinsip dan Aplikasi*. edisi kedua terjemahan lemeda Simarmata, S.T. Jakarta: Erlangga.
- Wardhana, Lingga. (2006). *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega32 Simulasi, Hardware, Aplikasi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- http://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/Rangkaian_Listrik.pdf

LAMPIRAN

A. Rangkaian Keseluruhan



B. Proses Pengukuran Box



C. Pemasangan Komponen pada Box



D. Pengujian keseluruhan



E. Kode Program

/*

The circuit:

LCD RS pin to digital pin 12

LCD Enable pin to digital pin 11

LCD D4 pin to digital pin 5

LCD D5 pin to digital pin 4

LCD D6 pin to digital pin 3

LCD D7 pin to digital pin 9

LCD R/W pin to ground

LCD VSS pin to ground

LCD VCC pin to 5V

10K resistor:

```

        ends to +5V and ground

        wiper to LCD VO pin (pin 3)

    */

    // include the library code:

    #include <LiquidCrystal.h>

    #include <Wire.h>

    float Vo, Vi, R1, R2, adc;

    // initialize the library with the numbers of the interface
    pins

    LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 9);

    float value = 0;

    float rev = 0;

    int rpm;

    const int TReset = 8;

    const int TNext = 7;

    const int TBack = 6;

    int TResetState = 0;

    int TNextState = 0;

    int TBackState = 0;

    int menu = 0;

    float arus, kec, teg ;

```

```

unsigned long previousMillis1 = 0;

unsigned long previousMillis2 = 0;

unsigned long previousMillis3 = 0;


// constants won't change:
const long interval = 1000;


void setup() {
    // set up the LCD's number of columns and rows:
    lcd.begin(16, 2);
    lcd.clear();
    lcd.print("Starting...");
    delay(1000);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("<<Tugas  Akhir>>");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("<<14506134001>>");
    delay(1000);
    Serial.begin(9600);


    R1 = 100000.0;

    R2 = 4700.0;

    pinMode(A0, INPUT);


    pinMode(arus, INPUT);

```

```

    pinMode(TRreset, INPUT_PULLUP);

    pinMode(TNext, INPUT_PULLUP);

    pinMode(TBack, INPUT_PULLUP);

    menu = 1;
}

void loop() {

    unsigned long currentMillis = millis();

    TRresetState = digitalRead(TRreset);

    TNextState = digitalRead(TNext);

    TBackState = digitalRead(TBack);

    if (TNextState == LOW)
    {
        delay(20);

        while (TNextState == LOW) {
            TNextState = digitalRead(TNext);
        }

        menu = menu + 1;
    }

    else if (TBackState == LOW)
    {
        delay(20);

        while (TBackState == LOW) {
            TBackState = digitalRead(TBack);

```

```

    }

    menu = menu - 1;
}

else if (TResetState == LOW)
{
    delay(20);

    while (TResetState == LOW) {
        TResetState = digitalRead(TReset);
    }

    lcd.clear();

    lcd.print("Starting...");

    delay(1000);

    //lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("<<Tugas  Akhir>>");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("<<14506134001>>");

    delay(1000);
}

if (menu <= 0)
{
    menu = 3;
}

else if (menu >= 4)

```



```

{
    menu = 1;
}

if (menu == 1)
{
    //unsigned long currentMillis = millis();

    if (currentMillis - previousMillis1 >= interval) {
        // save the last time you blinked the LED
        previousMillis1 = currentMillis;

        adc = analogRead(A0);

        Vo = (adc * 4.8) / 1024.0;

        Vi = Vo / (R2 / (R1 + R2));

        if (Vi < 0.09) {
            Vi = 0.0;
        }

        // Vi =adc*0.06-14;

        //if(adc<=0){Vi=0;}

        lcd.clear();

        lcd.setCursor(0, 0);

        lcd.print("<<    MENU    >>");

        lcd.setCursor(0, 1);

        lcd.print("Vi=");

        lcd.print(Vi);

        lcd.print("V");
    }
}

```

```

        Serial.print("Vi=");
        Serial.print(Vi);
        Serial.println("V");
        //delay(500);
    }
}

if (menu == 2)
{
    //sensor arus DC

    if (currentMillis - previousMillis2 >= interval) {
        // save the last time you blinked the LED
        previousMillis2 = currentMillis;

        float byts = analogRead(A4);

        float volts = (byts / 1023) * 5;

        float arus = (2.50 - volts) / 0.100;

        if (arus < 0)
        {
            arus = 0;
        }

        //delay(1);

        lcd.clear();

        lcd.setCursor(0, 0);

        lcd.print("<<    MENU    >>");
    }
}

```

```

        lcd.setCursor(0, 1);

        arus *= 1000;

        lcd.print("Arus =");

        lcd.print(arus);

        lcd.print(" mA");

        Serial.print("Arus =");

        Serial.print(arus);

        Serial.println(" mA");

        //delay(500);
    }
}

if (menu == 3)
{
    unsigned long currentMillis = millis();

    if (!digitalRead(2))
    {
        while (!digitalRead(2)) {
            digitalWrite(2);
        }

        rpm++;
    }

    if (currentMillis - previousMillis3 >= interval*5) {
        // save the last time you blinked the LED

        previousMillis3 = currentMillis;
    }
}

```

```

        lcd.clear();

        lcd.setCursor(0, 0);

        lcd.print("<<    MENU    >>");

        lcd.setCursor(0, 1);

        lcd.print("Kec =");

        lcd.setCursor(6, 1);

        lcd.print(      rpm*12/2);

        lcd.print(" RPM");

        Serial.print(      rpm);

        Serial.println(" RPM");

        lcd.print("    ");

        rpm=0;

    }

}

Serial.println(menu);

}

```