

Perancangan Pendeteksi Arus Bolak-Balik Tanpa Sentuhan Rendah Biaya Berbasis Multivibrator Monostabil

Adlan B Pradana, Ardi Susilo, Aris Munandi, Bertold A.N. Kelen, Candra Setawan, Sapto Nughroho, Atikah Suriani

Universitas Gajah Mada

adlan.pradana@ugm.ac.id

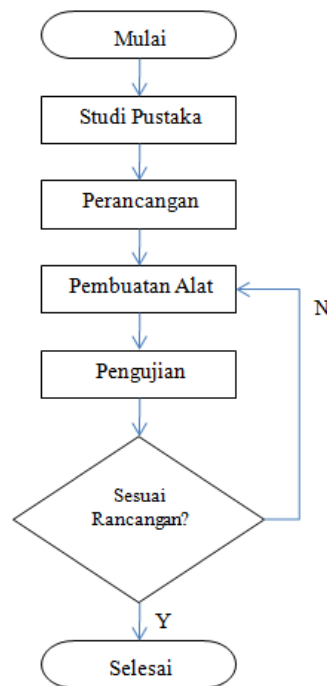
Abstract. Listrik merupakan elemen penting dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua peralatan, seperti lampu, televisi dan penanak nasi ditenagai oleh arus bolak-balik. Namun di sisi lain arus bolak-balik memiliki properti tidak terlihat dan dapat menyetrum, sehingga berpotensi menimbulkan bahaya. Untuk mencegah bahaya, diperlukan alat yang mampu mendeteksi (pendeteksi) keberadaan arus bolak-balik. Berdasarkan sifatnya ada dua jenis alat pendeteksi; dengan sentuhan dan tanpa sentuhan. Alat pendeteksi dengan sentuhan seperti tespen dan multimeter memiliki kelemahan dimana isolasi peralatan listrik harus dibuka terlebih dahulu. Alat pendeteksi tanpa sentuhan tidak mensyaratkan dibukanya isolasi peralatan listrik, namun memiliki harga yang mahal. Pada penelitian ini dirancang pendeteksi arus bolak-balik tanpa sentuhan menggunakan komponen-komponen sederhana, sehingga rendah biaya. Prinsip pendeteksian menggunakan prinsip induksi elektromagnetik dan multivibrator monostabil.

1. Pendahuluan

Tahun 2019 Bijaksana dan kawan-kawan telah berhasil membuat pendeteksi tegangan untuk teknisi Indihome menggunakan IC 4017 [1]. Pada tahun 2015, Zhou dan kawan-kawan melakukan studi mengenai sensor tegangan non-sentuh yang paling sesuai untuk saluran transmisi tiga fase [2]. Di tahun 2018, Chen dan kawan-kawan melakukan studi pendeteksian arus lemah tanpa kontak menggunakan prinsip Jembatan Wheatstone [3]. Di tahun 2016, Lawrence dan kawan-kawan melakukan penelitian tentang rekonstruksi tegangan dan arus dari pengukuran medan elektromagnet non-sentuh [4]. Di tahun 2014, Noras melakukan penelitian mendeteksi medan listrik dengan menggunakan kapasitansi variabel [5].

2. Metode

Penelitian ini berlangsung pada bulan Maret 2019 di Laboratorium Teknologi Listrik, Teknik Elektro dan Informatika Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, (SV TEDI UGM), Jl. Grafika No. 2A, Bulaksumur, Senolowo, Sinduadi, Mlati, Sleman, DI Yogyakarta 55284. Target dari penelitian ini adalah suatu alat yang dapat memberitahu penggunaannya akan adanya listrik dengan komponen yang sederhana sehingga rendah biaya. Prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini berupa studi pustaka, perancangan, pembuatan alat, dan pengujian. Tahapan-tahapan ini dapat ditunjukkan melalui diagram pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada tahapan studi pustaka dilakukan penelusuran jurnal-jurnal yang membahas penelitian terkait. Didapati bahwa di sekitar arus listrik, akan timbul medan magnet [6]. Kekuatan medan magnet akan menurun seiring bertambahnya jarak mengikuti Hukum Biot-Savart [7].

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad (1)$$

Dimana,

- B = kuat medan magnet (T)
- μ = permeabilitas medium (H/m)
- I = arus (A)
- r = jarak (m)

Kuat medan magnet yang melalui udara sangat kecil, karena berbanding lurus dengan permeabilitas udara yang sangat kecil, $1,26 \times 10^{-6}$ (Lusiyana, 2014). Medan magnet ini dapat ditangkap oleh kumparan [8]. Karena arus listrik adalah arus listrik AC (bolak-balik), maka medan magnet yang timbul juga berupa medan magnet bolak-balik [9].

$$B(t) = \frac{\mu \cdot I_{max} \cdot \sin(\omega \cdot t)}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad (2)$$

Dimana,

- B = kuat medan magnet (T)
- μ = permeabilitas medium (H/m)
- I_{max} = arus maksimal (A)
- ω = kecepatan sudut arus (rad/det)

r = jarak (m)

Sesuai Hukum Faraday, medan magnet bolak balik ini akan menghasilkan tegangan bolak-balik yang berbanding lurus dengan jumlah kumparan [10].

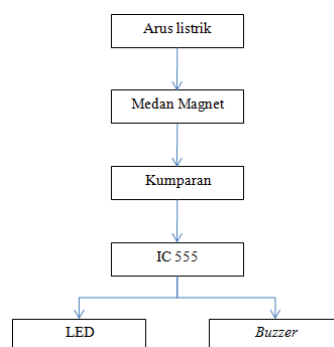
$$V(t) = \frac{N \cdot \mu \cdot I_{max} \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t)}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad (3)$$

Walau sudah diperkuat, tegangan bolak-balik ini masih sangat kecil, sehingga diperlukan piranti lain yang dapat dipicu oleh tegangan yang lemah ini. Didapati bahwa multivibrator monostabil dapat dipicu oleh isyarat yang lemah untuk menghasilkan isyarat berbentuk gelombang kotak [11]. Selain itu, menurut Jaelani multivibrator monostabil berupa IC 555 memiliki harga yang murah, sehingga sesuai dengan tujuan awal untuk membuat piranti yang rendah biaya [12]. Menurut Munandar, bahwa agar efektif, isyarat ke manusia sebaiknya menggunakan gabungan antara isyarat suara dan visual [13]. Selain itu dengan menggunakan isyarat suara, kaum juga dapat diketahui oleh penyandang tuna rungu.



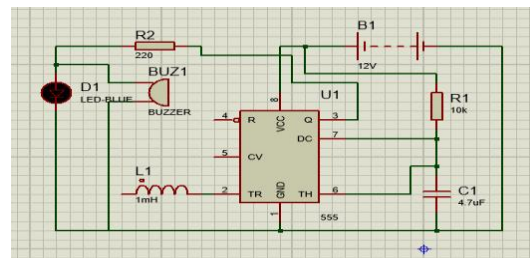
Gambar 2. IC Multivibrator Monostabil 555

Dari hasil studi pustaka ini diputuskan bahwa alat pendeteksi akan menggunakan induksi magnet sebagai indikator adanya arus listrik. Induksi magnet ini ditangkap dan diperkuat oleh kumparan sehingga berubah menjadi tegangan yang cukup besar untuk memicu multivibrator monostabil IC 555. Multivibrator monostabil akan menyalakan alarm berupa LED sebagai isyarat visual dan *buzzer* sebagai isyarat suara. Agar dapat dibawa ke mana-mana, dipilih catu daya berupa baterai. Nilai tegangan baterai dipilih sebesar 9 V agar cukup untuk mencatu multivibrator monostabil, LED dan *buzzer*. Diagram rancangan alat ditunjukkan pada gambar 3.



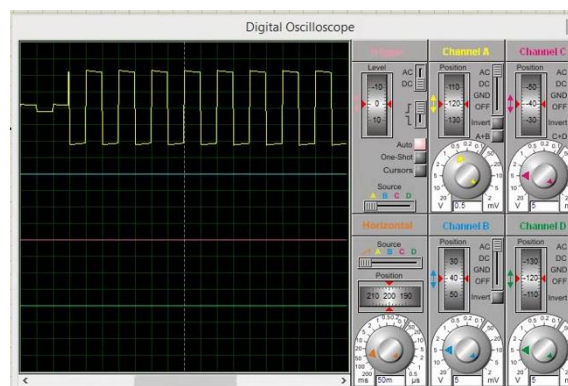
Gambar 3. Diagram Rancangan Alat

Langkah berikutnya diagram rancangan diimplementasikan dalam rangkaian elektronika dan disimulasikan. Perangkat lunak yang digunakan adalah Proteus. Rangkaian dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Elektronika di Perangkat Lunak Proteus

Pada simulasi, didapati bahwa simulasi berjalan sesuai rencana awal, dimana IC 555 mengeluarkan isyarat kotak ketika ada tegangan kecil pada kumparan. Isyarat kotak keluaran IC 555 dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Isyarat Kotak Keluaran IC 555

Setelah hasil simulasi dirasa memuaskan, dilakukan percobaan di pada *project board*. Pada tahapan ini, ditemukan bahwa kombinasi jumlah kumparan sebanyak 30 lilitan, resistor 220 ohm untuk kaki Q, resistor 10 kilo ohm untuk kaki DC, dan kapasitor senilai 4,7 uF dapat bekerja dengan baik menyalakan LED dan *buzzer* saat alat didekatkan ke arus listrik. Agar alat tetap aman, rangkaian ditempatkan dalam rumahan (*casing*). Rumahan didesain dari bahan plastik transparan sehingga terlihat dari luar, namun tetap aman. Selanjutnya rangkaian dipindahkan ke PCB dan dimasukkan ke dalam rumahan. Proses pembuatan alat ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Proses Pembuatan Alat

Setelah peralatan terbungkus dalam rumahan, dilakukan pengujian alat secara langsung ke peralatan listrik.



Gambar 7. Tampilan Alat dalam Rumahan

3. Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian pertama dilakukan ke kabel dengan beban solder 60 W, dengan arus 0.3 A. Pendeteksi menyala pada jarak sekitar 3 cm. Dari sini dapat diketahui bahwa nilai kuat medan ambang (H_{th}) yang dapat mengaktifkan pendeteksi adalah sekitar 1,59 H. Nilai ini didapat dari Hukum Ampere berikut.

$$H_{th} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot l_{th}} \quad (4)$$

Dimana,

H_{th} = kuat medan ambang (H)

I = arus (A)

l_{th} = jarak ambang (m)

Nilai H_{th} sebesar 1,59 H konsisten pada pengujian-pengujian berikutnya dengan menggunakan nilai arus dan jarak yang berbeda-beda.



Gambar 8. Buzzer dan LED tidak menyala saat tidak ada arus

Tabel 1. Hasil Pengujian

| No | Obyek | Tegangan (V) | Arus (A) | Jarak ambang (cm) | Medan Ambang (H) |
|----|-----------|--------------|----------|-------------------|------------------|
| 1 | Solder | 220 | 0,3 | 3 | 1,59 |
| 2 | Catu daya | 5 | 0,05 | 0,5 | 1,59 |
| 3 | Catu daya | 10 | 0,1 | 1 | 1,59 |
| 4 | Catu daya | 15 | 0,15 | 1,5 | 1,59 |
| 5 | Catu daya | 20 | 0,2 | 2 | 1,59 |

Saat arus mengecil, jarak ambang yang dibutuhkan agar pendeteksi dapat menyala menjadi lebih dekat. Hal ini dapat dimengerti, yaitu karena arus kecil, maka medan magnet yang dihasilkan juga

kecil. Karena kuat medan magnet kecil, maka pendeteksi harus didekatkan agar tetap dapat mengindra.

Pada pengujian dengan obyek alat DC, pendeteksi tidak memberi isyarat. Hal ini disebabkan multivibrator monostabil 555 membutuhkan pemicu (*trigger*) yang terus menerus agar dapat menghasilkan gelombang kotak, sementara arus DC hanya memicu sekali, yaitu saat pendeteksi didekatkan pertam kalinya.



Gambar 9. *Buzzer* dan LED menyala saat ada arus

Komponen yang dipakai beserta harganya adalah ditunjukkan oleh tabel 2. Total biaya yang diperlukan untuk membuat pendeteksi ini adalah Rp. 9.400-. Sedangkan di pasaran, alat serupa harganya bervariasi dari yang termurah Rp. 15.000-, sampai yang termahal Rp. 855.000,-. Sehingga tujuan awal untuk membuat pendeteksi berbiaya rendah tercapai.

Tabel 2. Anggaran Biaya

| No | Komponen | Satuan (rupiah) | Jumlah | Total (rupiah) |
|--------------|---------------|-----------------|--------|----------------|
| 1 | LED | 200 | 1 | 200 |
| 2 | <i>Buzzer</i> | 2.000 | 1 | 2.000 |
| 3 | Resistor | 100 | 2 | 200 |
| 4 | Kumparan | 6.500 | 1 | 6.500 |
| 5 | IC 555 | 500 | 1 | 500 |
| Total | | | | 9.400 |



Gambar 10. Alat Sejenis di Pasaran, Termurah (kanan), Termahal (kiri)

4. Kesimpulan

Alat pendeteksi arus bolak tanpa sentuhan berbasis multivibrator monostabil telah berhasil dirancang dan telah diuji coba. Karena menggunakan prinsip dan komponen yang sederhana, maka didapatkan hasil berupa alat pendeteksi yang rendah biaya. Pendeteksi yang dihasilkan memiliki kuat medan magnet ambang (H_{th}) sebesar 1,59 H. Pendeteksi hanya dapat mendeteksi arus bolak-balik. Untuk

penelitian berikutnya dapat dilakukan pengembangan untuk fungsi yang lebih umum, misalnya dapat mendeteksi arus searah juga.

References

- [1] Bijaksana, A.M.A., Ardyansah, Faridah, Muttaqin, M. 2019, Rancang Bangun Alat Pendeteksi Tegangan Listrik untuk Teknisi Indihome di PT. Telkom Akses Witel Makassar, JEB, Vol. 5, No. 2, Oktober 2019
- [2] Zhou, Q., He, W., Xiao, D., Li, S., Zhou, K. 2015, Study and Experiment on Non-Contact Voltage Sensor Suitable for Three-Phase Transmission Line, *Sensors*, Vol. 16, No. 40
- [3] Chen, B., Wu, S., Wang, R., Liu, C., Lu, J., Deng, K., Ge, L. 2018, Research on Non-Contact Weak Current Detection Technology, *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*, No. 10.
- [4] Lawrence, D., Donnal, J.S., Leeb, S. 2016, Current and Voltage Reconstruction From Non-Contact Field Measurements, *IEEE SENSORS JOURNAL*, VOL. 16, NO. 15, AUGUST 1, 2016
- [5] Noras, M.A. 2014, Electric Field Detection Using Solid State Variable Capacitance, *ESA Annual Meeting on Electrostatics..*
- [6] Suhatin, D., Sudarti, Prihandono, T. 2017. Analisis Intensitas Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) di Sekitar Peralatan Elektronik dengan Daya ≥ 1000 W, *Jurnal Pembelajaran Fisika*, Vol 6 No. 2.
- [7] Salomo, Erwin, Malik, U., Ginting, M. 2017. Analisa Pengaruh Inti Koil Terhadap Medan Magnetik dan Muatan pada Kapasitor dalam Rangkaian Seri LC, *Jurnal Ilmiah Edu Research* Vol. 6 No. 1.
- [8] Lusiyana, A., Toifur, A. dan Rohman, F. 2014, Uji Sifat Magnetik Pasir Pantai Melalui Penentuan Permeabilitas Relatif Menggunakan Logger Pro, *Jurnal Fisika* Vol. 4 No. 2.
- [9] Djamal, M., Suyatno, Yulkifli dan Setiadi, R.N, 2007, Sensor Magnetik Fluxgate Karakteristik dan Aplikasinya, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, Edisi Khusus Oktober.
- [10] Nurhayata, I.G. 2015, Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Universal Satu Fasa dengan Metode Kontrol Sudut Fasa Berbasis Mikrokontroler AT89S52, *JPTK, UNDIKSHA*, Vol. 12, No. 1.
- [11] Wirjoadi, Siswanto, B., Susita, L., Purwadi, A., Sudjatmoko, (2015), Penentuan Arus Spot Plasma dan Arus Plasma Lucutan Busur pada Sistem Sumber Elektron Katode Plasma Menggunakan Teknik Koil Rogowski, *J. Iptek Nuklir Ganendra*, Vol. 18, No. 2.
- [12] Munandar, A., Silvia, D., Wenas, J.R., 2109, Analisis Efektifitas Sound Based Early Warning System dalam Rangka Pengurangan Risiko Bencana bagi Kaum Tuli di Indonesia, *Jurnal Penelitian Sosial dan Politik*, Vol. 8 No. 1