



Kajian Efektifitas Sirkuit Joule Thief dan Aplikasi

Yani Prabowo¹⁾, Swasti Broto²⁾, Wisnuadji³⁾, Grace Gata⁴⁾, Siswanto^{*}

¹⁾Sistem Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur

²⁾Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur

³⁾Sistem Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur

⁴⁾Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur

^{*}Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur

Jalan Ciledug Raya, Jakarta Selatan, 12240

E-mail : yani.prabowo@budiluhur.ac.id¹⁾, swasti.broto@budiluhur.ac.id²⁾, wisnuadji@budiluhur.ac.id³⁾,
grace.gata@budiluhur.ac.id⁴⁾, siswanto@budiluhur.ac.id^{*}

Abstract

The benefit of this research is utilizing a battery with joule thief circuit so that the battery life can be longer and can be an alternative lighting system independently. Batteries are one place to store electrical energy, these batteries in general if it is approaching a minimum voltage, it is generally unusable. If the battery is classified as a battery that can be "recharged", it can be reused. Batteries especially the type of LTO 18650 can be recharged, this battery has enough voltage between 3.7-3.9 volts. But one battery is not able to turn on the LED lamp with a voltage of 220v. This research aims to design and implement a Joule thief circuit for lighting with batteries as a power source independently. A joule thief circuit can be used to turn on an LED lamp with a voltage of 220v for several hours. The joule thief circuit with a 18650 LTO battery can power a 5 watt LED lamp for 4 hours. The joule thief circuit consists of a transformer or toroid. One of the electrical circuits to increase or multiply the voltage by utilizing the working system of the inductor. Inductors can store energy in the form of magnetic fields arising from the electric current passing through it. The energy released is regulated by the transistor, from the fact that the transistor works discrete on / off in units of nano seconds to micro seconds. Joule thief series can be an alternative to emergency lighting systems or lighting systems independently in remote areas. The test results turn on the battery for about 4 hours.

Keywords: Baterai, Transistor, Inductor, Joule Thief

Abstrak

Manfaat dari penelitian ini adalah memanfaatkan baterai dengan rangkaian joule thief sehingga masa pakai baterai itu bisa lebih lama dan bisa menjadi alternative sistem penerangan secara mandiri. Baterai merupakan salah satu tempat untuk menyimpan energi listrik, baterai ini pada umumnya jika sudah mendekati tegangan yang minimal, maka umumnya tidak dapat digunakan. Jika baterai tersebut tergolong baterai yang dapat di "cas" ulang, maka dapat digunakan kembali. Baterai terutama tipe LTO 18650 dapat diisi kembali, baterai ini mempunyai tegangan yang cukup antara 3,7-3,9 volt. Tetapi satu buah baterai tersebut tidak dapat untuk menyalakan lampu LED dengan tegangan 220v. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan rangkaian Joule thief untuk penerangan dengan baterai sebagai sumber daya secara mandiri. Sebuah sirkuit joule thief dapat digunakan menyalakan sebuah lampu LED dengan tegangan 220v selama beberapa jam. Rangkaian joule thief dengan sebuah baterai LTO 18650 dapat menyalakan lampu LED 5 watt selama 4 jam. Rangkaian joule thief terdiri satu buah transformator atau toroida. Salah satu rangkaian listrik untuk menaikkan atau melipat gandakan tegangan dengan memanfaatkan sistem kerja dari induktor. Induktor dapat menyimpan energi dalam bentuk medan magnet yang ditimbulkan dari arus listrik yang melewatinya. Energi yang keluar diatur oleh transistor, dari fakta bahwa transistor bekerja secara diskrit on/off dalam satuan nano detik sampai micro detik. Rangkaian joule thief dapat menjadi alternative untuk sistem penerangan darurat atau sistem penerangan secara mandiri pada wilayah yang terpencil. Hasil pengujian waktu menyala baterai selama kurang lebih 4 jam.

Kata kunci : Baterai, Transistor, Inductor, Joule Thief

1. Pendahuluan

Saat ini hampir semua perangkat elektronik menggunakan baterai, baterai saat ini masih menjadi

andalan untuk menyimpan energi dari yang ukuran kecil sampai ukuran yang besar. Berbagai macam

bahan dasar pembuat baterai seperti baterai berbasis Lithium memiliki banyak kelebihan dibanding baterai konvensional seperti *Nickel-Cadmium*, *Nickel-Metalhydrate* ataupun *Lead Acid* yang mempunyai karakteristik dan daya simpan energi yang berbeda-beda. Sering kali baterai tersebut jika sudah tidak dapat digunakan maka akan dibuang begitu saja secara sembarang. Hal ini akan menyebabkan kerusakan lingkungan akibat limbah baterai. Penelitian pemanfaatan limbah baterai juga dilakukan dengan memanfaatkan baterai yang sudah tidak terpakai dimana baterai dengan rangkaian *joule thief* baterai tersebut akan dioptimalkan sampai baterai tersebut tidak dapat digunakan kembali. Baru kemudian dibuang di tempat pengolahan sampah [1].

Baterai terutama tipe LTO 18650 dapat diisi kembali, baterai ini mempunyai tegangan yang cukup antara 3,7-3,9 volt. Tetapi satu buah baterai tersebut tidak dapat untuk menyalakan lampu LED dengan tegangan 220v.

Baterai-baterai tersebut yang dianggap sudah tidak layak pakai, ada kemungkinan masih bisa digunakan kembali untuk perangkat lainnya, tetapi baterai saat ini umumnya dapat di isi ulang untuk pemakaian berikutnya terutama baterai LTO type 16850 yang dipergunakan untuk laptop.

Dari masalah di atas, muncul ide untuk memanfaatkan potensi baterai melalui pengembangan komponen listrik yang menghasilkan medan elektromagnetik dalam bentuk gulungan. Prinsip kerja dasar dari rangkaian yang diusulkan adalah dengan menerapkan gaya gerak listrik (EMF) atau gaya mekanika elektro (EMF) secara optimal melalui konsep induksi *magnetic* [2]. Penelitian pemanfaatan limbah baterai dengan menggunakan rangkaian *blocking oscillator* dilakukan [3].

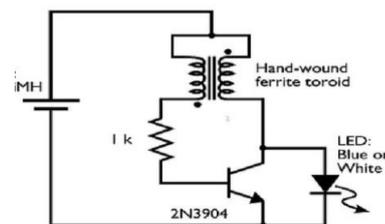
Penelitian sebelumnya terkait dengan *blocking oscillator*, analisis kinerja dilakukan untuk menentukan efisiensi osilator pemblokiran dan potensinya untuk diadopsi dalam alat elektronik menggunakan tegangan rendah dan arus dari baterai. Pengukuran dilakukan menggunakan osiloskop, multimeter, dan pengukur cahaya. Hasil menunjukkan bahwa sistem menghasilkan pulsa listrik 1,5 hingga 7,6 VDC dan menyalakan sistem secara normal. Sistem ini menghasilkan kekuatan 3,167 mW untuk menghasilkan intensitas 176 Lux. Sebaliknya, sistem standar membutuhkan 1,8mW untuk menghasilkan 5 Lux. LED biasanya membutuhkan setidaknya 60mW untuk mendapatkan 7150 Lux [3].

Berdasarkan pada latar belakang penelitian ini, berikut adalah identifikasi masalah yang didapat adalah bagaimana memanfaatkan baterai untuk sistem penerangan dengan rangkaian sirkuit *joule thief* untuk diaplikasikan. Masalah dalam penelitian

ini adalah bagaimana memanfaatkan baterai limbah terutama LTO18650 untuk dapat digunakan untuk sistem penerangan darurat atau untuk penerangan secara mandiri. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan rangkaian *Joule thief* untuk penerangan dengan baterai sebagai sumber daya secara mandiri. Manfaat dari penelitian ini adalah memanfaatkan baterai dengan rangkaian *joule thief* sehingga masa pakai baterai itu bisa lebih lama dan bisa menjadi alternative sistem penerangan secara mandiri..

Joule thief bukanlah sebuah konsep yang baru. Dasarnya adalah *boster oscilasi* tegangan. Teknologi ini sudah dipatenkan beberapa decade yang lampau. Penelitian mengenai sudah dimulai tahun 1930 dengan oleh Harlord weber dengan melakukan konversi tegangan rendah menjadi tegangan tinggi dengan teknik osilasi menggunakan tabung vacuum dan dipatenkan dengan nomor patent USPatent1949383 [4], kemudian tahun 1937, *blocking oscillator* dipatenkan oleh Geiger max merupakan penyempurnaan dari patent sebelumnya dengan nomor patent US Patent 2211852 [5]. Di era transistor tahun 1951 diperkenalkan teknik osilator *blocking* dengan menggunakan transistor dipatenkan oleh Jean F walker dengan nomor patent US Patent 2745012. Tahun 1955 dipatenkan circuit untuk mengkonversi tegangan rendah menjadi tegangan tinggi secara langsung oleh PJH Jannsen [6].

Boster *oscilasi* tegangan adalah sebuah rangkaian untuk menaikkan tegangan DC ke tingkat yang lebih tinggi. Dengan kata lain, rangkaian ini digunakan jika diinginkan tegangan keluaran DC yang lebih tinggi daripada tegangan masukannya [7]. Prinsip dasar rangkaian ini dapat dilihat pada



Gambar 1. Rangkaian *Joule Thief*

Transistor pada Gambar 1 berfungsi sebagai saklar. Jika transistor ON, maka ; pada saat transistor OFF, arus induktor mengalir melalui dioda sehingga

Dari Gambar 1. Bila transistor tertutup, arus mengalir melewati induktor searah jarum jam dan induktor menyimpan sejumlah energi dengan meregenerasi medan magnet di sebelah sisi kiri polaritas positif inductor maka tegangan $V_x = V_{in}$ Berikutnya bila transistor terbuka, medan magnet tadi polaritas akan berubah (sisi kiri berubah negatif sekarang) maka $V_x = V_o$ dan medan magnet akan

dihilangkan kebentuk arus listrik kemudian disalurkan ke beban sehingga seperti dua buah sumber daya yang bekerja bergantian secara seri. Arus akan melewati dioda D kapasitor C dan beban R. Waktu saklar terbuka katakanlah T_{off} . Total waktu periode (T) diformulasikan seperti persamaan (1).

$$T = T_{on} + T_{off}$$

Frekuensi osilasi buka-tutup saklar dinyatakan dengan persamaan (2).

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{T_{on} + T_{off}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Joule-Thief adalah salah satu rangkaian listrik untuk menaikkan atau melipatgandakan tegangan dengan memanfaatkan sistem kerja dari induktor. Inductor ini merupakan konservasi energi dengan menggunakan teknis medan elektromagnetik arus transien pada sebuah *coil*. Induktor adalah sebuah komponen elektronika pasif yang dapat menyimpan energi pada medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melintasnya. Joule thief merupakan salah satu bentuk dari penguat tegangan osilasi yang kecil, yang memanfaatkan limbah baterai untuk penerangan [8].

Penelitian sebelumnya rangkaian konverter DC to DC (*voltage booster*) adalah salah satu solusi untuk penghematan energi dengan menggunakan gaya elektromagnetik yang meningkat pada koil Toroid. Rangkaian ini bekerja sebagai osilasi mandiri tak teregulasi dengan transistor yang dioperasikan sebagai saklar tegangan dan arus yang mengalir sepanjang lilitan pada *toroid* yang akan menyebabkan induksi magnetik dan menghasilkan energi listrik yang di gunakan untuk menghidupkan beban. Prototipe eksperimental ini dirancang dengan aplikasi LTSpice dan implementasi rangkaian dengan menggunakan baterai 1.5V untuk menghidupkan Light Emitting Diode atau LED sebagai beban. LED dihubungkan dalam rangkaian paralel atau serial. Hasilnya menunjukkan bahwa rangkaian ini mampu memasok rangkaian LED dengan jumlah LED sebanyak 12 buah [8]

Cara kerja *joule thief* adalah *A blocking oscillator* adalah konfigurasi komponen elektronik diskrit yang dapat menghasilkan sinyal yang beroperasi bebas, hanya membutuhkan *resistor, transformer*, dan satu elemen penguat. Nama ini berasal dari fakta bahwa transistor (atau tabung) terputus atau "diblokir" untuk sebagian besar siklus-tugas, menghasilkan pulsa berkala. Output *non-sinusoidal* tidak cocok untuk digunakan sebagai osilator lokal frekuensi radio, tetapi dapat berfungsi sebagai generator untuk menyalakan lampu, LED. Untuk monostable *triggered transistor, the pulse width of blocking oscillator (base timing)* dalam rentang waktu nano detik sampai micro detik. Sebuah resistor

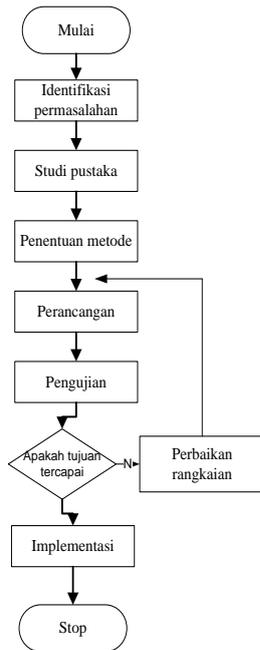
dihubungkan secara seri dengan basis transistor untuk mengontrol waktu, hal ini akan menjadi sebuah pulsa [9].

Baterai adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia reversibel adalah didalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda - elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel. Berdasarkan proses pengisian yang terjadi pada baterai dapat digolongkan menjadi baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer ini adalah baterai yang hanya dapat diisi sekali setelah habis masa pakainya maka baterai tersebut dibuang, sedangkan baterai sekunder adalah baterai yang dapat diisi dan digunakan secara berulang.

Baterai adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia reversibel adalah didalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda - elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel. Berdasarkan proses pengisian yang terjadi pada baterai dapat digolongkan menjadi baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer ini adalah baterai yang hanya dapat diisi sekali setelah habis masa pakainya maka baterai tersebut dibuang, sedangkan baterai sekunder adalah baterai yang dapat diisi dan digunakan secara berulang. Penelitian sebelumnya memanfaatkan *transistor blocking* untuk menyalakan lampu *flourence* dengan daya yang tegangan 12V dan daya 8 watt [10].

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan sesuai dengan *alur/Flowchart* kegiatan pada gambar 2. dimulai setelah mengidentifikasi permasalahan, dari permasalahan dilanjutkan dengan studi pustaka untuk mencari pendekatan dalam menyelesaikan permasalahan. Tahap menentukan metoda dan perancangan rangkaian *joule thief*. Tahapan perancangan ini sekaligus implementasi rangkaian dilanjutkan tahapan pengujian. Apakah penelitian ini sudah sesuai dengan rencana awal jika sudah dilanjutkan dengan implementasi. Jika ada kesalahan dalam perancangan, maka dilakukan perancangan kembali.



Gambar 2. Flowchart Kegiatan

Langkah- langkah metode penelitian sebagai berikut:

2.1 Identifikasi Permasalahan

Identifikasi permasalahan dalam penelitian ini adalah penulis menemukan banyak baterai terutama LTO18650 yang tidak digunakan sehingga baterai tersebut hanya dibuang ditempat pembuangan sampah yang tentunya baterai tersebut tergolong bahan berbahaya dan beracun.

2.2 Penentuan Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membuat prototype untuk pengujian. Sebelum dilakukan penentuan metode dilakukan studi pustaka untuk mencari referensi mengenai penanganan baterai.

2.3 Perancangan

Dari studi pustaka dan metode yang didapatkan dilanjutkan dengan pembuatan prototype untuk pengujian. Penelitian ini ditetapkan menggunakan rangkaian osilasi mandiri atau dikenan dengan joule thief dengan transistor dan inductor sebagai komponen utamanya.

2.4 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk menguji rancangan joule thief terhadap daya tahan baterai dan daya tahan rangkaian joule thief tersebut.

2.5 Implementasi

Tahap implementasi adalah penerapan dari rangkaian pengujian, pada tahapan ini apakah rangkaian tersebut layak untuk di terapkan atau tidak.

3. Hasil dan Pembahasan

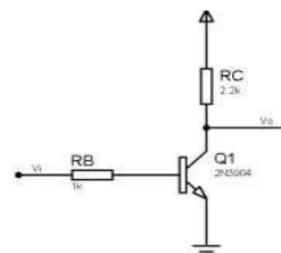
Komponen utama dari joule thief ini adalah transistor dan induktor, transistor dan induktor bekerja sama akan menghasilkan osilasi. Fungsi utama transistor adalah sebagai penguat sinyal dan switch (saklar). Pada rangkaian *Joule Thief*, transistor berfungsi sebagai pengontrol arus listrik. Dalam aplikasinya pada rangkaian elektronik, banyak digunakan sebagai penguatan pada sinyal listrik dan switch digunakan. Oleh karena itu, transistor menjadi salah satu komponen yang penting. Berdasarkan perkembangannya, transistor terbagi menjadi BJT (bipolar junction transistor) dan FET (field effect transistor). Transistor BJT memiliki tiga bagian/pin yaitu basis, emitter, dan kolektor. Besarnya kuat arus yang mengalir dikontrol oleh besar arus yang mengalir dari basis ke emitter. Pada pemakaian standar, arus kecil yang mengalir dari basis ke emitter akan menyebabkan arus besar mengalir dari collector ke emitter. Cara kerja transistor BJT tipe npn adalah ketika kondisi antara pin base dan emitter dipanjar mundur, ($V_B < 0.7$), tidak ada arus yang mengalir dari collector ke emitter. Kondisi ini dinamakan cut-off. Pada kondisi ini, transistor berperan sebagai saklar terbuka (open switch) dan besar tegangan VCE akan sama dengan VCC. Sementara, transistor berperan sebagai saklar tertutup (closed switch). Apabila pin base dan emitter dipanjar maju ($V_B > 0.7$). Pada kondisi tersebut arus akan mengalir dari collector ke emitter. Kondisi ini disebut keadaan saturasi. Besar arus yang mengalir dari collector ke emitter dalam keadaan saturasi disebut $I_{C(SAT)}$ dengan persamaan (3).

$$I_{C(sat)} \approx \frac{V_{CC}}{R_C} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Sementara, besar arus minimum pada basis yang diperlukan untuk menghasilkan keadaan saturasi adalah $I_{B(min)}$ dengan persamaan (4).

$$I_{B(min)} \approx \frac{I_{C(sat)}}{\beta_{DC}} \quad \dots\dots\dots(4)$$

β_{DC} adalah gain transistor. Nilai gain terdapat di *datasheet* dan ditulis sebagai hfe, gambar 3 sebuah transistor yang digunakan sebagai saklar.



Gambar 3. Transistor Sebagai Saklar

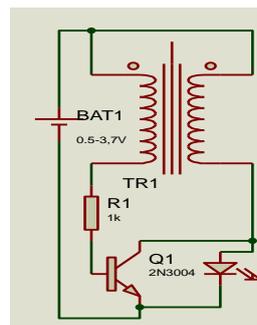
Transformator dalam penelitian ini bekerja mengikuti prinsip Induksi Elektromagnet dan hanya dapat bekerja pada tegangan yang berarus bolak balik (AC). Trafo memegang peranan yang sangat penting untuk pendistribusian tenaga listrik. Pada sebuah Trafo yang sederhana pada dasarnya terdiri dari 2 lilitan atau kumparan kawat yang terisolasi yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Kebanyakan Transformator, kumparan kawat terisolasi ini dililitkan pada sebuah besi yang dinamakan Inti Besi (*Core*).

Transformator ini kemudian dihubungkan dengan sebuah *inductor* atau jika kumparan primer yang dialiri arus AC (bolak-balik) maka akan menyebabkan medan magnet atau fluks magnetik disekitarnya. Kekuatan Medan magnet (*densitas Fluks Magnet*) tersebut di pengaruhi pada besarnya arus listrik yang dialirinya.

Semakin besar arus listriknya maka semakin besar pula medan magnetnya. Fluktuasi medan magnet yang terjadi pada kumparan pertama (primer) akan menginduksi GGL (Gaya Gerak Listrik) dalam kumparan kedua (sekunder) dan akan terjadi pelimpahan daya pada kumparan primer ke kumparan sekunder. Maka, terjadilah perubahan taraf tegangan listrik ini baik dari tegangan rendah menjadi tegangan yang lebih tinggi maupun dari tegangan tinggi menjadi tegangan yang rendah. Sedangkan Inti besi pada Transformator atau Trafo pada umumnya ialah kumpulan lempengan-lempengan besi tipis yang terisolasi dan ditempel berlapis-lapis dengan gunanya untuk mempermudah jalannya *Fluks Magnet* yang ditimbulkan oleh arus listrik kumparan dan untuk mengurangi suhu panas yang sering ditimbulkan. Gambar 4.3 adalah sebuah inductor transformator. Rasio lilitan yang berada pada kumparan sekunder terhadap kumparan primer menentukan rasio tegangan pada kedua kumparan tersebut. 1 lilitan pada kumparan primer dan 10 lilitan pada kumparan sekunder akan menghasilkan tegangan 10 kali lipat dari tegangan input pada kumparan primer. Jenis Transformator ini biasanya disebut Transformator Step Up. Sebaliknya, jika terdapat 10 lilitan pada kumparan primer dan 1 lilitan pada kumparan sekunder, maka tegangan yang dihasilkan Kumparan Sekunder adalah 1/10 dari tegangan input pada Kumparan Primer. Transformator jenis ini sering disebut dengan *Transformator Step Down*.

Rangkain dasar *joule thief* adalah menghubungkan fungsi transistor dengan transformator untuk menghasilkan osilasi tegangan. Model kerja rangkaian ini berisolasi diri untuk memberikan penguatan tegangan dan di butuhkan sinyal *voltase* stabil untuk mengubah menjadi serangkaian pulsa frekuensi tinggi pada tegangan yang lebih tinggi. Osilasi ini dibangkitkan dengan sirkuit yang memberikan tegangan atau arus bolak-

balik sendiri, tanpa input apa pun yang kemudian disebut dengan *oscilator*. *Oscillator* membutuhkan penguat dan juga umpan balik dari output. Umpan balik yang diberikan harus berupa umpan balik regeneratif yang bersama dengan bagian dari sinyal output memberikan penguatan tegangan keluaran dari 1,5 Volt DC dengan sumber *battery* untuk memasok LED beban dengan memanfaatkan arus balik yang terjadi pada *belitan toroid* melalui *cut breaking* yang di lakukan oleh transistor. Rangkaian dasar *joule thief* disajikan pada gambar 4



Gambar 4. Rangkaian Dasar Joule Thief

Pada rangkaian 4 tersebut menggunakan *toroid* yang dibuat 2 lilitan primer dan sekunder seperti *trafo* dengan jumlah lilitan baik primer maupun sekunder adalah 20 lilitan. Transistor yang digunakan adalah transistor jenis NPN D882. Arus positif masuk ke R dan lilitan sekunder secara bersamaan, masing-masing dari itu semua melewati sebuah jalur menuju basis dan kolektor Q. Syarat supaya ada aliran proton ke kutub negative dan electron ke kutub positif adalah terbukanya gerbang di Q pada transistor atau dengan kata lain transistor harus jenuh dan kaki Basis membutuhkan arus listrik kecil supaya dari kolektor ke Emitter gerbang itu terbuka. Sehingga arus pada R memicu transistor menjadi aktif. Saat arus kecil pada basis harus melewati lilitan primer dan hal itu menimbulkan sebuah medan magnetic atau fluks magnetic di transformator dengan arah medan magnet sesuai hukum Faraday. Arus kecil yang menyebabkan medan magnet itu bangkit siap membuka pintu gerbang bagi arus di kaki kolektor menuju ke ground.

Listrik akan disimpan dalam bentuk medan magnetik, dan saat pemutusan listrik medan magnet dipaksa mengosongkan diri, proses pengosongan medan magnetik ini mengakibatkan induksi yang mengakibatkan medan listrik dengan polarisasi sebaliknya. Transformator ini mempunyai 2 kumparan, masing-masing dialiri listrik dari baterai yang sama, bedanya kumparan yang satunya menggunakan resistor jadi arusnya diturunkan, maka hasilnya medan magnetiknya pun akan berbeda dari kumparan satunya yang mendapatkan arus secara *direct*. Akibatnya akan terjadi fluktuasi energi dikaki basis dan kolektor transistor NPN, flusktuasi yang relatif ini mengakibatkan transistor mengalami efek **saturasi** atau masa jenuh, yang mengakibatkan

transistor dapat mengalirkan arus dari kolektor ke emitor, karena basis mendapatkan tegangan saturasi, dan karena kaki kolektor dikuras atau digroundkan kekaki emitor karena efek saturasi, maka terjadi efek berkelanjutan di kumparan, basis dan kolektor. Besar listrik yang dihasilkan salah satu kumparan yang terhubung dengan kolektor ini didistribusikan ke LED sebagai pemasok arus kutub (+), sementara pemasok arus kutub (-) nya tetap yaitu batre yang kurang dari 1,5V tadi, tapi karena efek listrik dan magnetik didalam lilitan yang kita buat mengakibatkan arus naik turun, ketika arus naik menjadi bisa lebih dari 1,5V. Pengujian dilakukan pada batere, 1,5volt dengan kapasitas 0.8 ampere. Berarti daya batere ini adalah 1,2 watt. Kemudian dipasang pada sebuah lampu LED yang membutuhkan tegangan 1,7 volt 1 miliampere. Berarti daya yang dibutuhkan LED adalah 0,0017watt. Dengan ini, batere sanggup memberi energi pada LED selama $(1,5/0,0017) = 705$ jam. Namun pada kenyataannya, sumber tegangan tidak serta merta langsung habis pada masa kerjanya namun tegangannya menurun. Misalnya pada batere 1,5 volt ini, pada jam ke 500, tegangan menurun sehingga tidak sanggup menyalakan lampu LED. Jadi batere ini masih menyimpan sisa energi 205 jam.

Pembahasan rangkaian gambar 4. dimana rangkaian tersebut menggunakan *transformator* bekas HP. *Transformator* ini mempunyai lilitan primer ini yang nantinya sebagai output rangkaian joule thief ini (dihubungkan ke LED 220V). Lilitan sekunder masing-masing 12 lilit, keduanya dihubungkan secara seri, pada hubungan keduanya disambung dengan lilitan induktor yang ke sumber tegangan baterai. Ujung satu diantarnya akan dihungkan ke basis transistor melalui resistor 10 Ohm dan ujung yang lain terhubung ke kolektor transistor, emitor transistor dihubungkan langsung ke sumber tegangan negatif baterai. Komponen yang digunakan. Pada komponen R1 menimbulkan tegangan pada basis transistor, dengan 16 ohm bisa di peroleh tegangan maksimal. Sehingga *power out* juga bisa pada mode maksimal. Dengan 100 ohm keluaran juga masih baik, namun rangkaian tidak maksimal. Penambahan kapasitor dengan nilai 1000uf 6,3v berguna sebagai filter tegangan input. Ini di harapkan bisa lebih menstabilkan ripple tegangan. Nilai kapasitor yang lainnya namun dengan nilai voltage di atas tegangan input/battery. Tipe transistor yang digunakan adalah tipe NPN D882. Bisa juga transistor npn lainnya seperti tip31 atau tip3055. Maka dengan rangkaian tersebut dengan input 1,5 v. 3 buah lampu 220v AC 5 watt mampu menyala dengan stabil dan terang selama ± 16 jam *nonstop*.

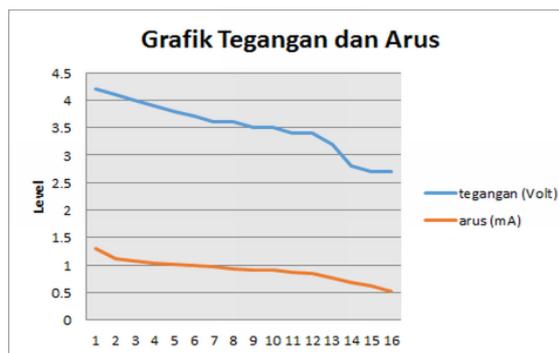
Pengujian dilanjutkan kembali dengan menggunakan baterai LTO 18650 dengan rangkaian **Joule Thief** dan beban lampu LED dengan **Daya 5**

Watt / AC 220V , yang dilakukan pada tanggal 11 April 2020 didapatkan seperti Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Lampu 5W

No	Pukul (WIB)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)
1	12.15	4.2	1.29
2	12.30	4.1	1.11
3	12.45	4	1.07
4	13.00	3.9	1.03
5	13.15	3.8	1.02
6	13.30	3.7	1
7	13.45	3.6	0.96
8	14.00	3.6	0.92
9	14.15	3.5	0.91
10	14.30	3.5	0.9
11	14.45	3.4	0.86
12	15.00	3.4	0.85
13	15.15	3.2	0.76
14	15.30	2.8	0.69
15	15.45	2.7	0.62
16	16.00	2.7	0.51

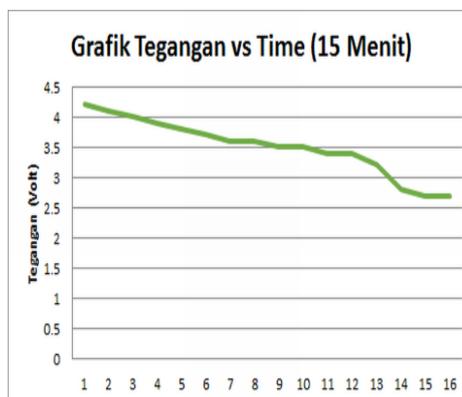
Grafik Tegangan dan Arus Baterai dapat dilihat Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Tegangan dan Arus Baterai

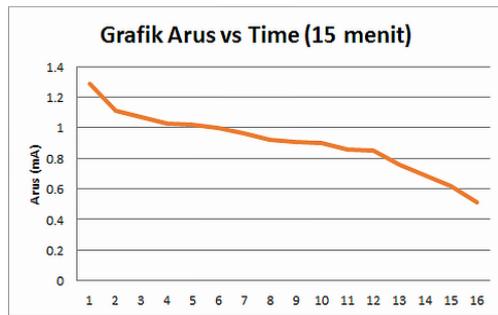
Jika diplot secara terpisah masing masing Arus dan Tegangan adalah sebagai berikut:

- (a) Grafik Tegangan pada Batere dalam Volt dapat dilihat Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Tegangan Vs Waktu Per 15 Menit

(b) Grafik Arus Pada Betere dalam mA (mili ampere) dapat dilihat Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Arus vs Time per 15 menit

Sampling data dilakukan per 15 menit, dimulai pada pukul 12.15 WIB dan berakhir pada pukul 16.00, tanggal 11 April 2020 sampai lampu benar benar padam dan baterai tidak dapat mensuplai daya ke rangkaian joule thief. Hasil pengujian waktu menyala baterai selama kurang lebih 4 jam. Jika dirangkaian ini diterapkan untuk penerangan perlu membuat sistem pengisian baterai secara otomatis. Melalui pembangkit listrik tenaga surya, jika pengisian menggunakan jaringan listrik dari PLN tentu tidak menjadi ekonomis..

4. Kesimpulan

Pengujian rangkaian *joule thief* dilakukan pada baterai, 1,5 volt dengan kapasitas 0.8 ampere. Kemudian dipasang pada sebuah lampu LED yang membutuhkan tegangan 1,7 volt 1 miliampere. Berarti daya yang dibutuhkan LED adalah 0,0017 watt. Dengan ini, baterai sanggup memberi energi pada LED selama $(1,5/0,0017) = 705$ jam. Kemudian rangkaian *joule thief* ini dengan 1 buah baterai LTO 18650 dengan tegangan 3,9 volt bisa menyalakan 1 buah lampu LED 5 watt selama kurang lebih 4 jam. Tetapi jika untuk diterapkan dalam sebuah ruangan perlu ditambahkan rangkaian pengisi baterai secara otomatis melalui pembangkit listrik tenaga matahari. Jika sistem pengisian baterai masih menggunakan jaringan distribusi PLN maka sistem ini tidak menjadi ekonomis karena ada daya yang hilang saat konversi dari listrik PLN menjadi tegangan daya baterai. Sistem penerangan dengan *joule thief* ini dapat untuk diaplikasikan untuk penerangan dengan menggunakan baterai LTO 18650. Hasil pengujian waktu menyala baterai selama kurang lebih 4 jam.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan secara khusus untuk penyusunan baterai LTO18650 dan sistem pengisian yang tepat untuk menunjang rangkaian *joule thief*. Baterai ini dengan penyusunan yang tepat dapat menjadi tempat penampung sumber daya listrik yang besar.

Daftar Pustaka

- [1] J. Sujatha, P. Baurai, R. Sevta, and S. Prasad. 2018., "A Review on Joule Resurrection Circuit and its Applications," *Int. J. Adv. Manag. Technol. Eng. Sci.* ISSN NO 2249-7455 A, vol. 8, no. Iii, pp. 77–84.
- [2] Bustanul Arifin Eka Nuryanto Budisusila, 2017. "Joule-Thief Circuit Performance for Electricity Energy Saving of Emergency Lamps Joule -Thief Circuit Performance for Electricity Energy Saving of Emergency Lamps," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, pp. 3–9.
- [3] Kenny anindia Dewanto, restu, 2015. "simple blocking oscilator performance analysis for battera," *J. Mob. Multimed.*, vol. 11, no. 3, pp. 321–329.
- [4] H. C. Weber, 1934. "Electronic Device,".
- [5] J. H. Felker, 1956.. "Transistor Blocking Oscillators".
- [6] P. J. H. Janssen, 1957. "Circuit Arrangement for Converting".
- [7] A. Yani, 2017. "Rancang Bangun Perangkat Catu Daya Mandiri pada Laptop dengan Memanfaatkan Port USB dan Rangkaian Joule Thief," *J. Electr. Technol.*, vol. 2, no. 3.
- [8] A. Joko and B. Pramono, 2017 "Penggunaan Konverter Sebagai Altrernatif Penghematan Energy Listrik untuk Penerangan Daerah Terpencil di Halmahera Timur Maluku Utara," *Pros. Semin. Nas. XII "Rekayasa Teknol. Ind. Inf. 2017 Sekol. Tinggi Teknol. Nas. Yogyakarta*, pp. 205–209.
- [9] D. Harjunowibowo, W. Widiawati, A. Jamaluddin, and F. Idris, "Simple Blocking Oscillator for Waste Battery 's Voltage Enhancement," vol. 6, no. 2, pp. 93–96, 2016.
- [10] A. A. Adegbemile, 2008. "Performance Analysis of a blocking Oscillator used for Low Voltage Florence Lighting." *International Journal of Electrical and Power Enggining*, pp. 35–38.