

# PERANCANGAN CHARGER UNTUK BATERAI LITHIUM POLYMER SMART PHONE DENGAN KAPASITAS ARUS 4A PADA TEGANGAN BATERAI 3,7V CHARGER DESIGN FOR LITHIUM POLYMER SMART PHONE BATTERY WITH A CAPACITY OF 4A AT 3.7V

Rahmat Faisal Wahyudi<sup>1</sup>, Sigit Yuwono<sup>2</sup>, Estananto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[rfwahyudi@students.telkomuniversity.ac.id](mailto:rfwahyudi@students.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[yuwono@telkomuniversity.ac.id](mailto:yuwono@telkomuniversity.ac.id),

<sup>3</sup>[estananto@telkomuniversity.ac.id](mailto:estananto@telkomuniversity.ac.id)

## Abstrak

Baterai jenis lithium sangat dibutuhkan untuk kebutuhan perangkat elektronik pada era digital sekarang ini. Perangkat elektronik pada era digital sekarang biasanya membutuhkan baterai berkapasitas besar. Dengan besarnya kapasitas baterai tersebut, dibutuhkan sebuah *charger* yang dapat mengisi ulang baterai dengan waktu relatif cepat. Salah satu solusinya adalah sebuah *charger* yang dapat memberikan arus besar.

Pada TA ini, *charger* dirancang untuk baterai jenis lithium polymer yang memiliki tegangan minimal sebesar 3,7V saat baterai kosong dan 4,3V saat baterai penuh. Ketika tegangan terdeteksi sebesar 3,7V maka arus yang mengalir sebesar 4A, dan ketika tegangan baterai sebesar 4,3V maka arus yang mengalir mendekati 0A.

Pada perancangan *charger* ini diharapkan dapat mempercepat waktu pengisian baterai lithium polymer dua kali lipat dari biasanya (*Quick Charge*). *Charger* ini diharapkan dapat memberikan arus maksimal berkapasitas 4000mAh pada tegangan 3,7V. Hasil yang dituju adalah sistem pengisian baterai berkapasitas besar yang cepat dan aman tanpa adanya kerusakan akibat tegangan dan arus berlebih.

**Kata Kunci :** *Charger, Quick Charge, Regulator, Arus Maksimal.*

## Abstract

*In this digital era, Lithium-type batteries are needed to be widely used on electronic devices. In order to accommodate the needs of this digitalized world, the electronic devices must be supported by long-life battery in the other word is large capacity battery. That large capacity battery would need a charging system that capable to re-charge the battery in a short amount of time. In order to do that, a charger that can provide high voltage and high current are necessary, with note the voltage and current level must comply with the maximum of the battery power level to avoid any battery damage such as explosion.*

*This charger is designed for lithium polymer type battery which has minimum voltage 3.7V as it is in empty condition and 4.2 as it is in full condition. When the voltage is detected at 3.7V the current is flowing at 4A, and when the battery voltage is 4.2V then the current flowing is very small or in other words no current is flowing. Voltage and current settings are performed by any regulator that is capable of passing high currents.*

*In designing this charger to speed up charging time of lithium polymer battery twice than usual (Quick Charge). The charger is capable to deliver maximum current for battery with the capacity of 4000mAh. The result is a fast and secure large capacity battery charging system without any damage due to over-voltages and currents.*

**Keywords :** *Charger, Quick Charge, Regulator, High Current*

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan berkembangnya teknologi telekomunikasi bergerak, *Smartphone* semakin rutin digunakan dalam kegiatan harian manusia. Frekuensi penggunaan *Smartphone* yang semakin tinggi memerlukan pasokan

daya listrik yang semakin besar pula. Untuk mengakomodasi kebutuhan ini, kapasitas baterai yang menyertai *Smartphone* cenderung semakin membesar. Namun, kecenderungan ini mengakibatkan semakin lamanya waktu yang dibutuhkan dalam pengisian ulang baterai *Smartphone*.

*Smartphone* pada saat ini menggunakan baterai jenis Lithium ion (Li-Ion) atau Lithium polymer (Li-Po). Baterai jenis Lithium mempunyai tegangan normal sebesar 3.7V ketika kosong dan akan mempunyai tegangan maksimal sebesar 4.3V ketika terisi penuh. Kapasitas baterai *Smartphone* terbaru dapat mencapai 5.000 mAh.

Dalam TA ini dirancang *charger* yang dapat mensuplai arus hingga 4A dan dapat beroperasi dengan waktu relatif lama tanpa panas berlebih. Dengan arus sebesar 4A, disipasi daya pada regulator akan meningkat. Isu utama yang terkait adalah menjaga agar transistor penyedia arus tetap dapat beroperasi lama. Hal tersebut mengakibatkan naiknya suhu pada transistor sehingga perlu dijaga agar tetap dapat beroperasi sesuai suhu pada transistor yang tidak boleh melebihi suhu maksimum. Diharapkan dengan peninjauan suhu tersebut dapat beroperasi relatif lama.

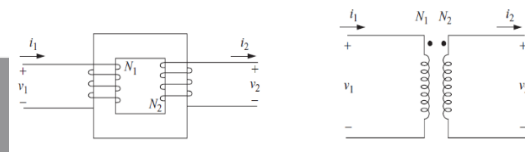
## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Adaptor



Gambar-1 Diagram blok Adaptor

Adaptor merupakan **catu daya yang mengubah tegangan AC (Alternating Current) menjadi DC (Direct Current)**. Tegangan AC diregulasi oleh beberapa tahapan mulai dari transformator, rectifier, filter sehingga menjadi tegangan DC seperti pada Gambar II-1 [1]. Dalam perancangan adaptor membutuhkan transformator yang memiliki dua fungsi dasar, untuk memberikan isolasi listrik dan menaikkan/menurunkan tegangan dan arus AC [3]. Model ideal transformator, perbandingan tegangan dan arus pada kumparan primer dan sekunder.



Gambar-2 Simbol dan model Transformator [3]

Perbandingan tegangan dan arus pada kumparan primer dan sekunder dapat dihitung menggunakan Persamaan (1). Polaritas kedua lilitan ditunjukkan oleh *dot*/titik seperti pada model transformator Gambar II-2. Bila *voltase* pada *dot* satu lilitan positif, maka tegangan pada *dot* lilitan lainnya juga positif. Saat memasuki terminal *dot* pada satu lilitan, arus meninggalkan terminal *dot* ke lilitan lainnya. [3]

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{L_1}{L_2} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \quad (1)$$

Penyearah dioda mengubah tegangan *input* sinusoidal ( $V_s$ ) ke keluaran *unipolar*/dc. Penyearah gelombang penuh meloloskan bagian positif dan membalikkan bagian negatif dari gelombang sinus. Komponen dioda memiliki tegangan dioda ( $V_D$ ) yang disebut tegangan jatuh. Tegangan dioda bernilai 0,3V untuk bahan *germanium* dan 0,7V untuk bahan jenis *silicone*. Konsep penyearah gelombang penuh dapat dilihat pada Gambar II-4. [2]

Tegangan *output* ( $V_o$ ) dapat dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$V_o = V_{Peak} - 2V_D \quad (2)$$

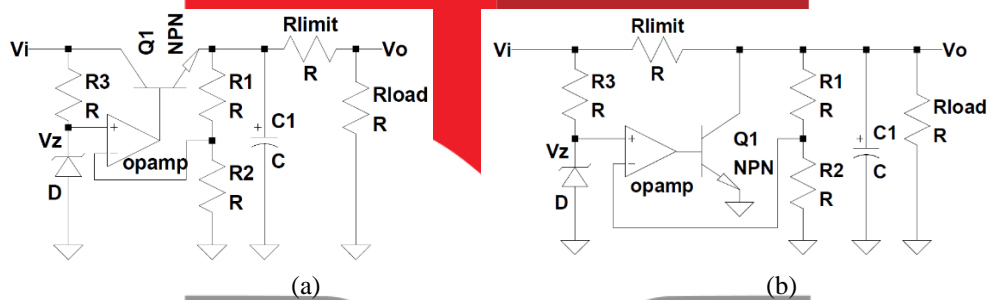
Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian penyearah tidak sesuai sebagai suplai DC untuk sirkuit elektronik karena masih memiliki riak/*ripple voltage*. Cara sederhana untuk mengurangi variasi tegangan keluaran adalah menempatkan kapasitor melintasi resistor beban. Ini akan ditunjukkan bahwa kapasitor filter ini berfungsi untuk mengurangi variasi tegangan keluaran penyearah secara substansial [2]. Rangkaian penyearah setengah gelombang dengan filter kapasitor memiliki  $V_{input}$  sinusoidal dengan nilai puncak  $V_p$ , dan diasumsikan dioda ideal. Pada bagian  $V_i$  positif, dioda meloloskan dan kapasitor diisi sehingga  $V_o = V_i$ , berlanjut sampai  $V_i$  mencapai nilai  $V_p$ . Secara teoritis, kapasitor akan mempertahankan muatannya dan karenanya voltasenya tidak terbatas, karena tidak ada jalan bagi kapasitor untuk melepaskannya. Tegangan DC sama dengan puncak gelombang sinus *input* adalah hasil yang sangat baik untuk menghasilkan *output* dc. Nilai kapasitor dapat dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$C = \frac{V_p}{(V_r)(2f)(R_{load})} \quad (3)$$

2.2. Regulator

Power supply DC menggunakan regulator untuk mempertahankan tegangan pada nilai yang diinginkan agar tetap linier/ stabil. Regulator linier ada dua jenis yaitu *series voltage regulator* dan *shunt voltage regulator*. Kedua jenis regulator tersebut dapat memberikan *output* DC yang diatur/ dipertahankan pada nilai yang ditetapkan, bahkan jika tegangan *input* bervariasi/ jika dihubungkan beban sehingga *Vout* berubah. Regulator jenis *series* mengendalikan tegangan *input* agar tegangan *output* tetap linier dengan menjadikan tegangan *output* sebagai *sampling* untuk dibandingkan dengan tegangan referensi seperti diagram blok pada Gambar II-6. [1] Jika tegangan *input* naik, rangkaian komparator akan membandingkan tegangan referensi dan tegangan *sampling*, sehingga rangkaian *sampling* mengurangi dan menjaga tegangan *output* tetap stabil sesuai yang ditetapkan. Jika tegangan *input* turun, rangkaian komparator akan membandingkan tegangan referensi dan tegangan *sampling*, sehingga rangkaian *sampling* meningkatkan tegangan *output*. [1]

Seperti pada Gambar II-7, jika tegangan *output* turun maka tegangan basis-emiter yang menurun menyebabkan transistor Q1 mengalirkan lebih banyak arus, sehingga meningkatkan tegangan *output* dan mempertahankan *Vo* tetap konstan. Jika tegangan *output* naik, tegangan basis-emiter yang meningkat menyebabkan transistor Q1 mengalirkan lebih sedikit arus, sehingga menurunkan tegangan *output* dan mempertahankan *Vo* tetap konstan. [1]



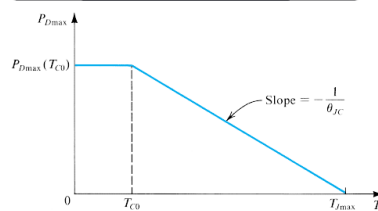
Gambar-3 (a) Rangkaian *series* op-amp regulator, (b) Rangkaian *Shunt* op-amp regulator ditambah *current limiting* [1]

Pada *series voltage* regulator menggunakan op-amp seperti pada Gambar II-3 (a) sebagai komparator tegangan referensi yang menggunakan dioda zener dan tegangan *feedback* dari pembagi tegangan R1 dan R2. Jika tegangan *output* naik(turun), transistor akan mengontrol untuk mempertahankan *Vo* tetap konstan. Pada Gambar II-7 ditambahkan resistor (*Rlimit*) sebagai pembatas arus [1]. *Vout* regulator dapat dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$V_o = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_z \tag{4}$$

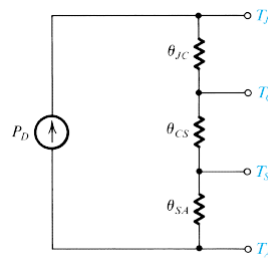
2.3. Heatsink transistor daya

Setiap transistor daya yang mendapat arus listrik maka suhunya akan naik turun, namun maksimal suhu transistor jenis silikon biasanya 150°C [2] sehingga transistor daya cepat panas. Untuk mengatasi panas berlebih pada transistor dibutuhkan sebuah pendingin yang terbuat dari aluminium sebagai *heatsink*.



Gambar-4 Perubahan suhu transistor terhadap disipasi daya [2]

Jika transistor suhunya naik, maka tahanan dalam transistor akan mengecil dan penguatan akan naik. Transistor membuang daya pada kaki kolektor-basis dan diubah menjadi panas sehingga suhu pada *junction* (*Tj*) naik. Namun, suhu *Tj* tidak boleh melebihi suhu maksimum yang ditentukan dalam *datasheet* (*Tjmax*). Jika melebihi suhu maksimum transistor bisa mengalami kerusakan.



Gambar-5 Rangkaian pengganti proses konsuktansi suhu [2]

Panas akan menjaral pada transistor ke *case* transistor, dan dari *case* ke lingkungan sekitar. Dalam keadaan *steady-state*, transistor akan menghamburkan daya ( $P_D$ ), kenaikan suhu transistor terhadap udara sekitarnya dapat dinyatakan dengan Persamaan (5) dan (6).

$$T_J - T_A = (\theta_{JC} + \theta_{CS} + \theta_{SA})P_D \quad (5)$$

$$T_J - T_A = \theta_{JA}P_D \quad (6)$$

Keterangan:  $T_J$  = Suhu pada badan Transistor (*Junction*) ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_A$  = Suhu pada udara sekitar (*Ambient*) ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\theta_{JC}$  = Hambatan suhu *Junction-Case* ( $^{\circ}\text{C}/\text{Watt}$ )

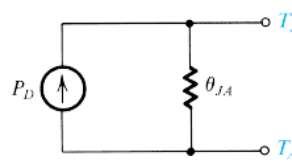
$\theta_{CS}$  = Hambatan suhu *Case-Sink* ( $^{\circ}\text{C}/\text{Watt}$ )

$\theta_{SA}$  = Hambatan suhu *Sink-Ambient* ( $^{\circ}\text{C}/\text{Watt}$ )

$\theta_{JA}$  = Hambatan suhu *Junction-Ambient* ( $^{\circ}\text{C}/\text{Watt}$ )

$P_D$  = Disipasi daya (Watt)

Perlu diperhatikan bahwa  $\theta_{JA}$  hanya memberi kenaikan suhu transistor di atas suhu sekitar untuk setiap daya yang dihamburkan. Suhu diatas  $T_{Jmax}$  dapat dibuang bergantung pada jenis transistor dikemas, nilai  $\theta_{JA}$  biasanya ditentukan pada *datasheet* setiap transistor. [2]

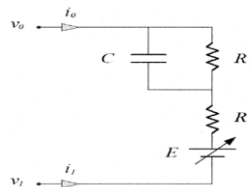


Gambar-6 Rangkaian pengganti proses konduktansi suhu [2]

Dalam analogi ini, disipasi daya sesuai dengan arus, perbedaan suhu sesuai dengan perbedaan voltase, dan proses konduktansi yang ditunjukkan pada Gambar-11. [2]

#### 2.4. Pemodelan Baterai

Lithium Polymer (Li-Po) merupakan baterai *rechargeable* yang mengandung elektrolit polimer berbentuk gel dan sel plastik yang secara teoritis lebih fleksibel. Kelebihan Li-Po jika dibandingkan dengan jenis baterai lain adalah ukurannya yang kecil dan fleksibel namun kapasitasnya besar, serta mampu di-charge dan men-discharge arus yang besar sampai 1C.

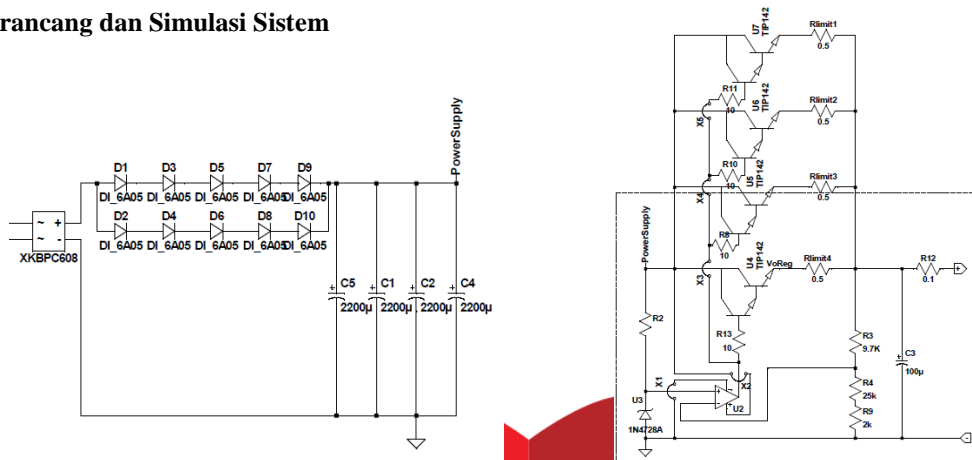


Gambar-7 Pemodelan Baterai Li-Po[5]

Baterai Li-Po memiliki beberapa istilah umum yang menggambarkan spesifikasi dari baterai tersebut. Misalkan pada baterai tertulis “7.4V / 150mAh / 1C / 2S1P”, maka *voltage* menunjukan tegangan *output* baterai, mAh menunjukkan kemampuan baterai dalam mensuplai arus dalam satu jam, C (*Capacity*) menunjukkan nilai kapasitas baterai, dan 2S1P menunjukkan jumlah sel dan konfigurasi sel dalam *pack* baterai. Baterai Li-Po memiliki pemodelan seperti pada Gambar II-11[6]. Pada tugas akhir ini menggunakan resistor sebagai pengganti baterai yang disesuaikan sehingga resistansinya berubah sesuai dengan level baterai tersebut. Apabila level baterai

mendekati 0% atau kosong, maka resistansinya mendekati nol dan dapat digantikan dengan resistor yang dialiri arus 4000mA. Apabila level baterai 100% atau penuh, maka resistansinya sangat besar dan dapat digantikan dengan resistor 1k ohm.

### 3. Perancang dan Simulasi Sistem



Gambar-8 Simulasi rangkaian penyearah dan filter

Tegangan *input* regulator menggunakan *power supply* yang sesuai spesifikasi agar regulator yang telah dirancang dapat berjalan dengan semestinya, komponen utama dari perancangan *power supply* ini adalah transformator non-CT yang dicatu tegangan AC PLN  $220V_{RMS}$  dan menurunkan tegangan menjadi  $18V_{RMS}$  dengan perhitungan menggunakan Persamaan (1). Setelah diturunkan, dibutuhkan penyearah gelombang penuh untuk mengubah listrik AC ke DC yang masih memiliki riak sehingga dibutuhkan filter untuk membuang riak tersebut. Tegangan keluaran hasil penyearah dan filter dapat dihitung menggunakan Persamaan (2) dan (3). Hasil keluaran penyearah gelombang penuh sebesar  $24,08V_{PP}$ , sehingga memiliki riak dan harus dibuang dengan menggunakan filter kapasitor. Pada desain rangkaian Gambar III-1 dirancang berdasarkan target tegangan serta arus keluaran pada regulator sebesar 4,3 volt 0 ampere pada saat tanpa beban dan 3,7 volt 4 ampere pada saat beban terpasang. Regulator ini membutuhkan tegangan *input* minimal  $8,8V_{DC}$  karena karakteristik transistor TIP142 saat aktif minimal tegangan pada *collector-emitter* sebesar  $4V_{DC}$ . Transistor yang dipasang paralel sebanyak empat buah bertujuan untuk membagi arus yang mengalir masing-masing 1A agar disipasi daya terbagi rata. Beban yang digunakan adalah resistor sebesar 0.9 ohm dihubung seri resistor 0.1 ohm. Setelah regulator, dibutuhkan dua buah resistor yang dipasang seri. *Rlimit* sebagai pembatas arus (*current limiter*) agar arus tidak berlebih dan *Rload* sebagai beban, sehingga tegangan pada beban sesuai dengan tegangan baterai satu *cell* yaitu 3,7 volt.

Selanjutnya, regulator didesain sesuai spesifikasi yang dibutuhkan dengan memperhitungkan nilai setiap komponen pada rangkaian. Komponen utama yang menentukan hasil keluaran regulator sesuai dengan Persamaan (4) yaitu dioda zener dan resistor pembagi tegangan sebagai umpan balik negatif. Dari kedua komponen utama tersebut dikomparasi oleh op-amp untuk mengendalikan basis pada transistor. Tegangan regulator dapat dihitung dengan cara tegangan keluaran op-amp dikurangi tegangan basis-emitor ( $V_{BE}$ ). Suhu pada transistor akan naik ketika dalam keadaan saturasi, yaitu saat arus berkapasitas besar melewati kolektor dan emitor transistor. Setiap transistor memiliki suhu maksimal yang tertera pada *datasheet* sehingga perlu bantuan *heat sink* untuk membuang panas berlebih. Perubahan suhu tersebut dikarenakan disipasi daya yang terlalu besar. Disipasi daya tersebut merupakan perbedaan tegangan pada kolektor dan emitor serta arus yang mengalir, yang dapat dihitung menggunakan Persamaan (5) dan (6). Dari hasil perhitungan,  $T_J = 687,592^{\circ}C$  melebihi maksimal temperatur pada transistor yaitu  $150^{\circ}C$ , sehingga dibutuhkan sebuah *heat sink* yang mampu membuang panas berlebih pada *case* transistor yang dapat dihitung menggunakan Persamaan (5).

Tabel-1 Perubahan nilai  $\theta_{SA}$  terhadap  $T_J$

$T_J$ ( $^{\circ}C$ )	$\theta_{SA}$
100	2,041
110	2,579
120	3,118
130	3,657
140	4,196
150	4,735

Untuk menjaga suhu pada transistor tetap dibawah suhu  $100^{\circ}\text{C}$  dibutuhkan  $\theta_{SA}$  maksimal sebesar  $2,041^{\circ}\text{C}/\text{W}$  yang berukuran sekitar  $10\text{cm} \times 8\text{cm} \times 5\text{cm}$ . Dalam upaya menjaga suhu transistor agar tidak panas dan bertahan lama dapat diatasi dengan mengonfigurasi secara paralel sehingga arus yang mengalir dapat terbagi rata. Pada tugas akhir ini arus yang mengalir sebesar 4 ampere sehingga akan diparalelkan empat buah transistor agar arus yang mengalir pada masing-masing transistor sebesar 1A saja. Dengan demikian disipasi daya juga akan lebih kecil pada masing-masing transistor mempengaruhi nilai  $T_j$  dan dapat dihitung menggunakan Persamaan (5) dengan nilai  $\theta_{JA}$  dan  $T_A$  yang sama. Dengan memparalelkan transistor tersebut, maka dapat menaikkan nilai  $\theta_{SA} = 11^{\circ}\text{C}/\text{W}$  agar berukuran lebih kecil sekitar  $2,3\text{cm} \times 1,8\text{cm} \times 3,2\text{cm}$ , sehingga didapat suhu maksimal pada  $T_j = 150,607^{\circ}\text{C}$  yang masih batas aman berdasarkan *datasheet* transistor TIP142.

$$P_D = (9 - 4,36) 1$$

$$= 4,64 \text{ Watt}$$

$$T_j = (\theta_{JA}P_D) + T_A$$

$$T_j = (35,7 \cdot 4,64) + 25$$

$$T_j = 190,648^{\circ}\text{C}$$

Dengan menggunakan heat sink yang memiliki  $\theta_{SA} = 11^{\circ}\text{C}/\text{W}$ , maka:

$$T_j = (\theta_{JA}P_D) + T_A$$

$$T_j = ((1 + 1 + 11)4,64) + 25$$

$$T_j = 85,32^{\circ}\text{C}$$

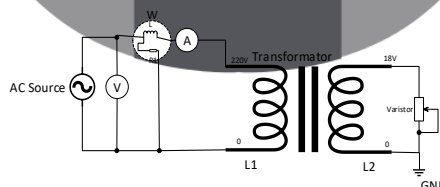
Hasil perhitungan diatas membuktikan bahwa dengan memparalelkan empat buah transistor dapat menurunkan suhu  $T_j$  menjadi relatif lebih aman.

#### 4. Pembacaan Hasil

Pada bab ini akan dibahas hasil pengujian dan analisis Tugas Akhir (*hardware* dan *software*) yang telah dibuat berdasarkan perancangan pada bab sebelumnya. Pengujian bertujuan untuk mengetahui hasil dan keberhasilan dari alat yang telah dibuat. Berikut adalah tahapan-tahapan pengujian terhadap *power supply* dan regulator yang telah dibuat.

- 1) Pengujian *power supply* yang meliputi pengujian pada transformator, *rectifier*, dan filter.
- 2) Pengujian op-amp *series voltage* regulator menggunakan transistor daya bertingkat(darlington).
- 3) Menganalisis data-data yang telah didapatkan setelah melakukan pengujian *power supply* dan regulator. Membandingkan hasil keluaran *power supply* dan regulator dengan simulasi yang telah dibuat menggunakan *software* LTspice.

##### 4.1. Pengujian Power Supply



Gambar-9 Konfigurasi pengukuran pada sisi primer transformator

Konfigurasi pengukuran tersebut dilakukan untuk mengetahui *drop* tegangan saat suplai arus maksimum trafo dengan memasang variabel resistor sebagai beban. Sumber tegangan pada sisi primer menggunakan AC variabel yang diatur  $10V_{\text{RMS}}$  AC sehingga sisi sekunder turun menjadi  $0,851V_{\text{RMS}}$  AC saat tanpa beban atau *open loop*. Selanjutnya dipasang variabel resistor dengan nilai 0,4 ohm sehingga tegangan pada sisi sekunder turun menjadi  $0,42V_{\text{RMS}}$  AC. Pada pengujian kedua dilakukan pada *rectifier* terlebih dahulu sebelum diperbaiki tegangan DC oleh kapasitor, pemilihan *rectifier* dengan *rating* arus sebesar 6A yang ada di pasaran karena maksimal *supply* arus transformer sebesar 5A.

Gambar-10 Tegangan DC hasil keluaran *rectifier*

Setelah mendapatkan hasil penyearah, yaitu  $24V_P$  dalam artian tegangan maksimal/ *peak* masih memiliki riak pada tegangan DC yang harus di perbaiki agar lebih sempurna menjadi DC linier. Perbaikan riak/*ripple* tersebut menggunakan filter kapasitor saja karena jika menggunakan filter RC maka arus akan terhambat sehingga tidak dapat *supply* sampai arus yang diinginkan yaitu 4A. Dengan mengatasi riak yang masih besar tersebut (Gambar IV-2) diatasi dengan menggunakan menserikan dioda sebanyak lima buah sehingga nilai  $V_P$  dikurangi  $5V_D$  (3,5V). Pada percobaan ini didapatkan hasil seperti pada Gambar IV-3.



Gambar-11 Tegangan DC hasil keluaran filter kapasitor

#### 4.2. Pengujian Regulator

Tujuan dari pengujian ini adalah melihat dan membuktikan bahwa arus yang melewati beban sebesar 4A pada tegangan 3,7V. Apabila tegangan pada beban naik maka arus turun sampai mendekati 0 pada tegangan 4,3V sesuai dengan kaidah pengisian baterai lithium. Adapun cara pengujiannya yaitu memasang resistor berdaya besar pada saat pengujian arus 4A sampai 1A dan variabel resistor pada saat pengujian arus 1A sampai mendekati 0A, hal tersebut dikarenakan variabel resistor hanya mampu menahan daya sebesar 5watt. Hasil pengujian regulator tanpa beban dilakukan dengan konfigurasi seperti pada Gambar VI-4.

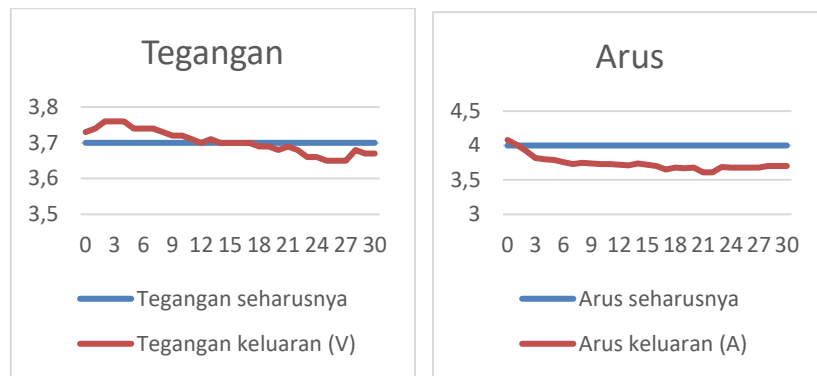
Gambar-12 Tegangan *output* regulator tanpa beban

Pengujian pada beban akan dilakukan sesuai Gambar IV-5 dengan menggunakan resistor sebagai pengganti 1 cell baterai dalam keadaan tertentu. Resistor 0,9 ohm menggantikan saat baterai kosong dan nilai resistor dinaikkan secara bertahap hingga 1K ohm.



Gambar-13 Tegangan dan arus pada beban

Pengujian pertama menggunakan resistor 0,9ohm sehingga arus yang mengalir sebesar 4,08 A pada tegangan 3,78 V seperti pada Gambar IV-5. Pengujian ini dilakukan selama 30 menit untuk melihat perubahan yang terjadi apabila *charger* menyuplai arus 4A secara terus menerus, sehingga didapatkan hasil seperti pada Gambar IV-6.



Gambar-14 Grafik pengujian beban 0,9 ohm selama 30 menit

## 5. Kesimpulan

Pada perancangan *charger* 4A pada tegangan 3,7V yang menggunakan *op-amp series voltage regulator* berjalan dengan baik sehingga dapat dikatakan berhasil. Perancangan *charger* ini memiliki beberapa kekurangan yaitu dapat *overheat* pada komponen tertentu karena dirancang secara linear bukan *switching*, ukurannya terlalu besar sehingga tidak *portable*, tidak menggunakan metode CC-CV sehingga membahayakan umur baterai, dan juga pengujian *hardware* tidak menggunakan baterai lithium polymer kapasitas 4000mAh.

## 6. Saran

Adapun saran penulis untuk perancangan *charger* kedepannya.

1. Perlu menggunakan *power supply switching* agar lebih kecil dan ringan
2. Perlu ditambahkan *auto cut-off charger* agar terhindar dari *overcurrent*
3. Perlu ditambahkan metode CC-CV agar menjadi *smart charger*
4. Pengujian menggunakan baterai lithium polymer dengan kapasitas minimal 4000 mAh tanpa *protection board*

## Daftar Pustaka:

- [1] R. L. Boylestad and L. Nashelsky, *Electronic Devices and Circuit Theory*, USA: Prentice Hall International, Inc., 1999.
- [2] A. S. Sedra and K. C. Smith, *Microelectronic Circuit*, 6th penyunt., USA: Oxford University Press, 2010.
- [3] Hart, Daniel W. *Power Electronics*. New York. 2011.
- [4] Manish K. and Vishwani D. A., "A Tutorial on Battery Simulation – Matching Power Source to Electronic System," *Auburn, AL 36849. USA*.
- [5] Rushil K.K. "Building Your Own Battery Simulator," TEXAS INSTRUMENT Application report, *SLVA618. October 2013*.
- [6] Lijun Gao, Shengyi Liu, Member IEEE, and Roger A. Dougal, Senior Member, IEEE, "Dynamic Lithium-Ion Battery Model for System Simulation" *IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS AND PACKAGING TECHNOLOGIES, VOL. 25, NO. 3, SEPTEMBER 2002*.
- [7] 5 April 2017. [Online]. Available: [www.batteryuniversity.com](http://www.batteryuniversity.com)