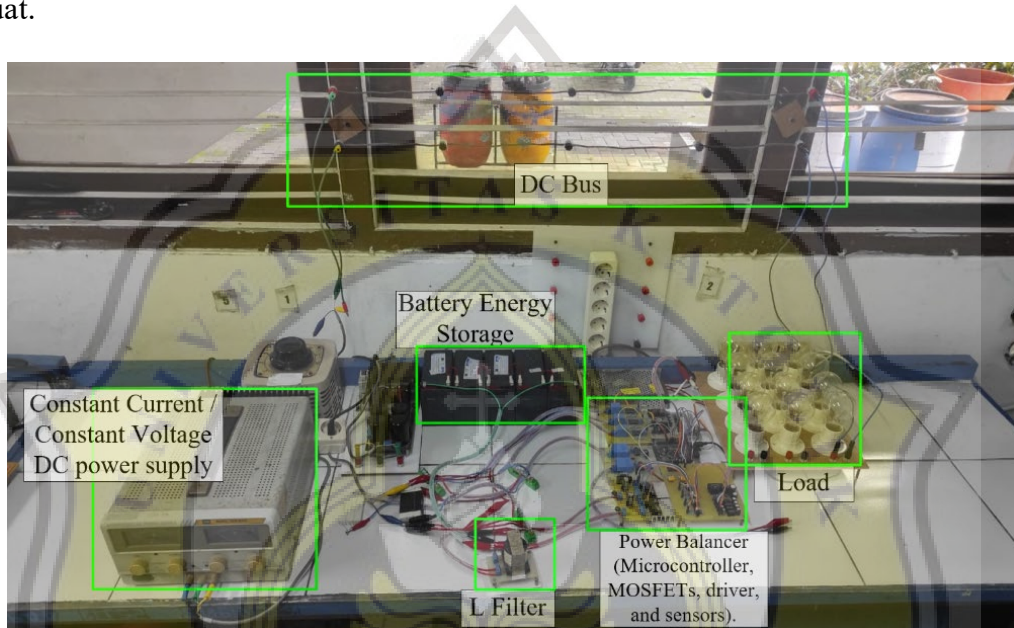


## BAB IV

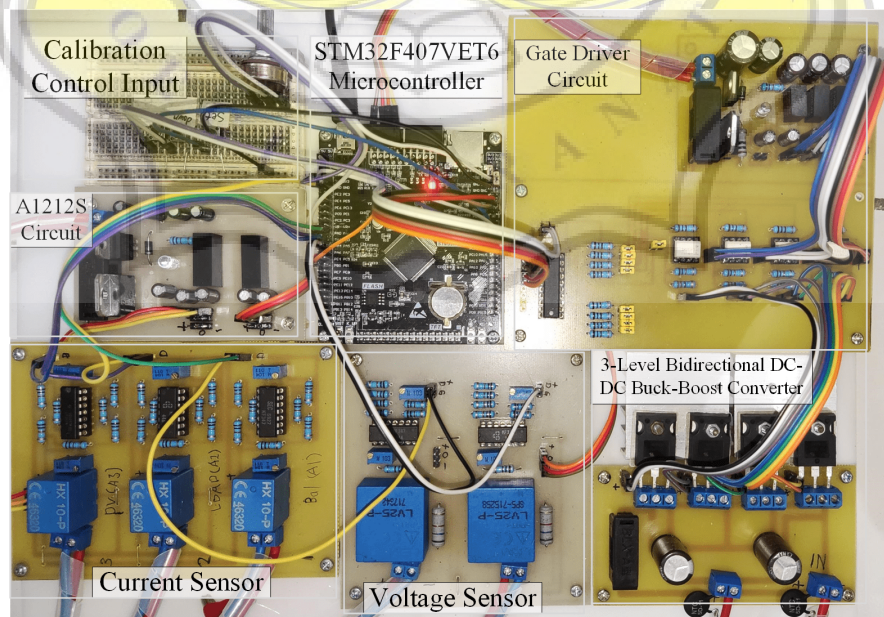
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Implementasi Desain Pada *Hardware*

Implementasi desain *hardware* dibuat setelah simulasi desain dari penyeimbang daya tersebut berhasil. Gambar dibawah merupakan implementasi *Hardware* yang telah dibuat.



Gambar 4. 1. Susunan Sistem Microgrid DC

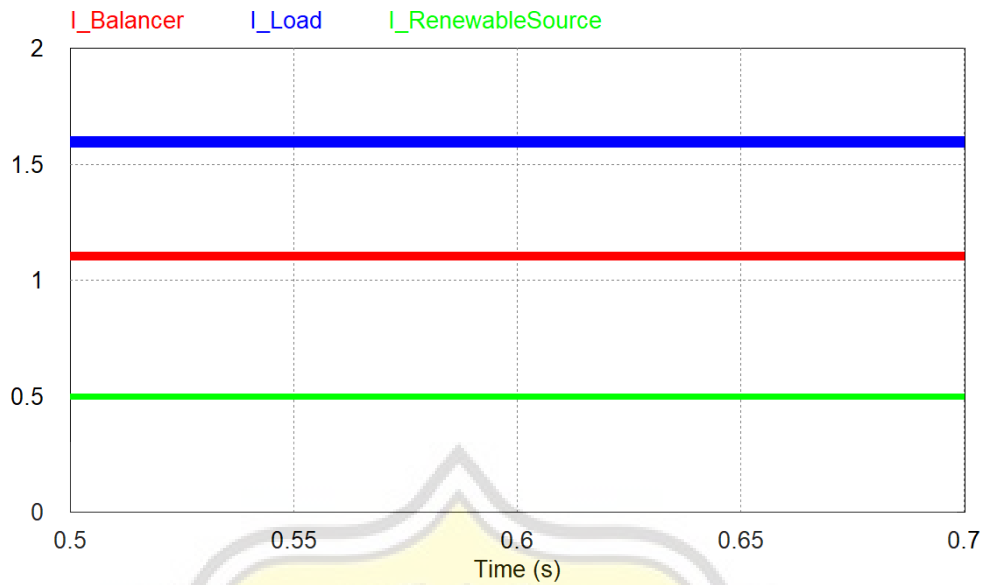


Gambar 4. 2. Susunan Rangkaian Penyeimbang Daya Microgrid DC

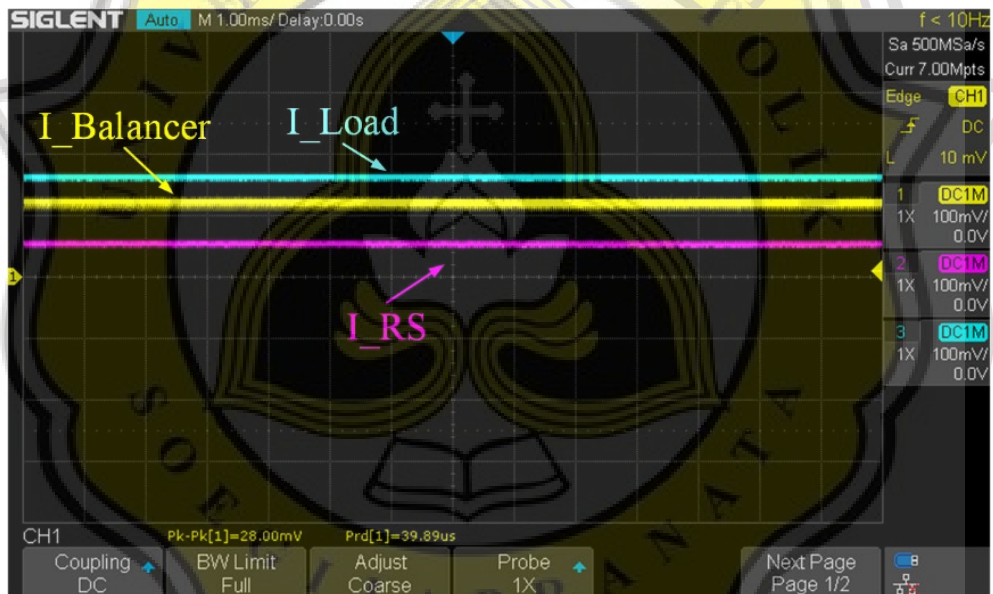
Gambar 4.1 merupakan susunan suatu microgrid DC dengan penyeimbang dayanya. 5 buah baterai 12V dirangkai seri sehingga tegangannya menjadi 60V digunakan sebagai penyimpan energi pada sistem ini. Catu daya DC CC-CV digunakan untuk menginjeksikan arus untuk mensimulasikan sumber energi terbarukan yang bervariasi nilainya. Bus DC yang terdiri dari dua buah kawat menghubungkan antara beban, sumber, dan penyeimbang daya secara paralel. Untuk menetapkan *microgrid* DC pada tegangan tertentu, digunakan penyearah dioda dengan kapasitor, dan menggunakan autotrafo untuk mengatur besar tegangannya. Terdapat sebuah trafo step down sebelum penyearah dioda yang menurunkan dari tegangan tinggi dan juga memberikan isolasi antara bus DC dengan saluran listrik utama. Beban lampu bohlam digunakan karena mudah digunakan dan tahan terhadap panas. Gambar 4.2 merupakan susunan rangkaian dari penyeimbang daya. Filter induktor berada di luar rangkaian konverter supaya mudah dimodifikasi. Thermistor NTC dipasang pada terminal input dan *output* konverter untuk mencegah arus *inrush* pada saat awal pemasangan. Saat beroperasi, MOSFET tidak menghasilkan begitu banyak panas walau dalam waktu yang cukup lama.

#### **4.2 Perbandingan Sinyal Dari Hasil Simulasi dan *Hardware***

Bagian ini menyajikan hasil sinyal dari simulasi dan *hardware* yang dibuat beserta keterangannya. *Probe* arus yang digunakan untuk osiloskop pada redaman X10 sehingga setiap pembacaan 100 mV berarti arus mengalir sebesar 1A. Arus beban konstan pada 1.6A. Arus injeksi sumber dari catu daya DC diubah-ubah untuk menirukan sumber daya energi terbarukan supaya dapat menjalankan ketiga mode operasinya.



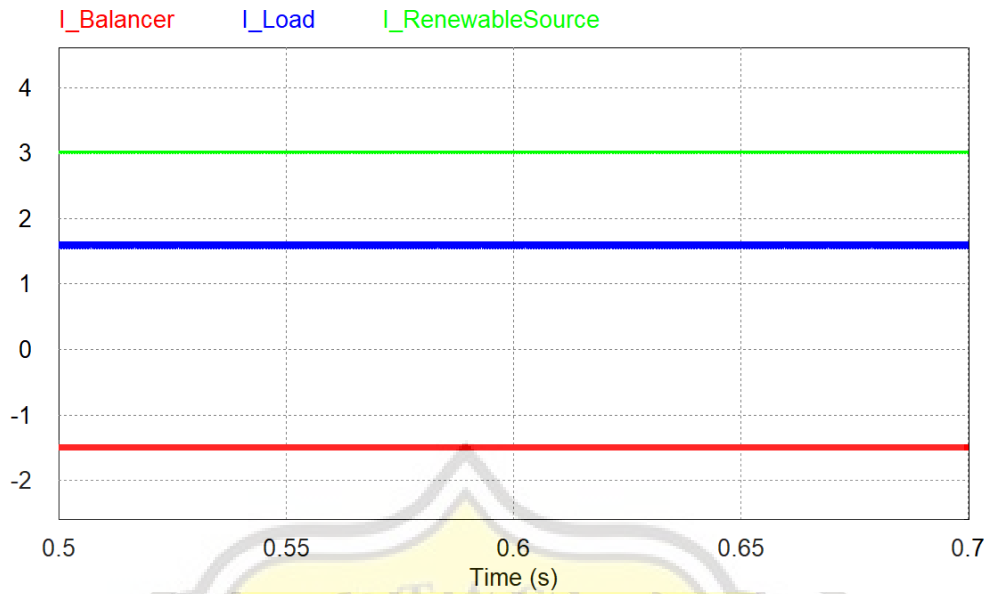
Gambar 4.3. Gelombang Arus Mode *Buck*



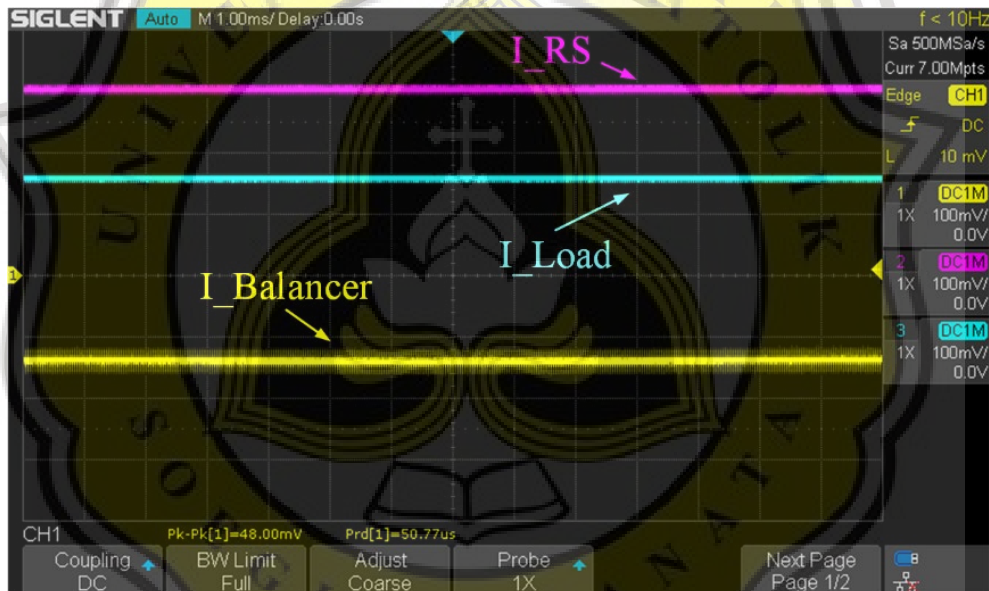
Gambar 4.4. Osiloskop Gelombang Arus Mode *Buck*

Gambar diatas merupakan gelombang arus penyeimbang daya saat mode *buck* saat daya yang dihasilkan lebih rendah daripada yang sedang digunakan. Arus yang dihasilkan sebesar 0.5A, sehingga terjadi *drop* tegangan *bus* DC dan terdeteksi oleh mikrokontroler, sehingga memasuki mode *buck* dan menginjeksikan arus sebesar 1.1A untuk mensuplai daya ke *bus* DC. Hasil ini membuktikan persamaan 2.21.



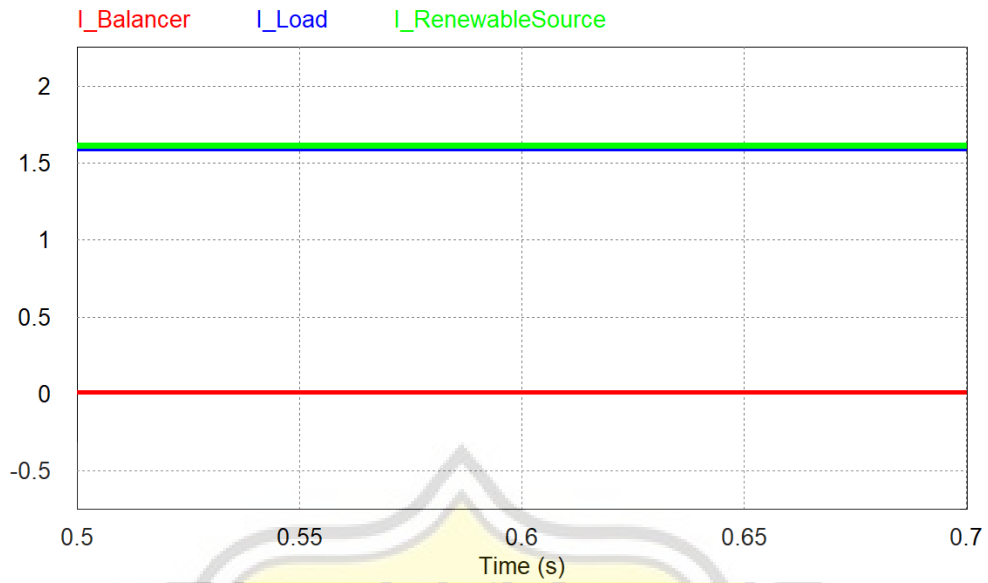


Gambar 4. 5. Gelombang Arus Mode *Boost*

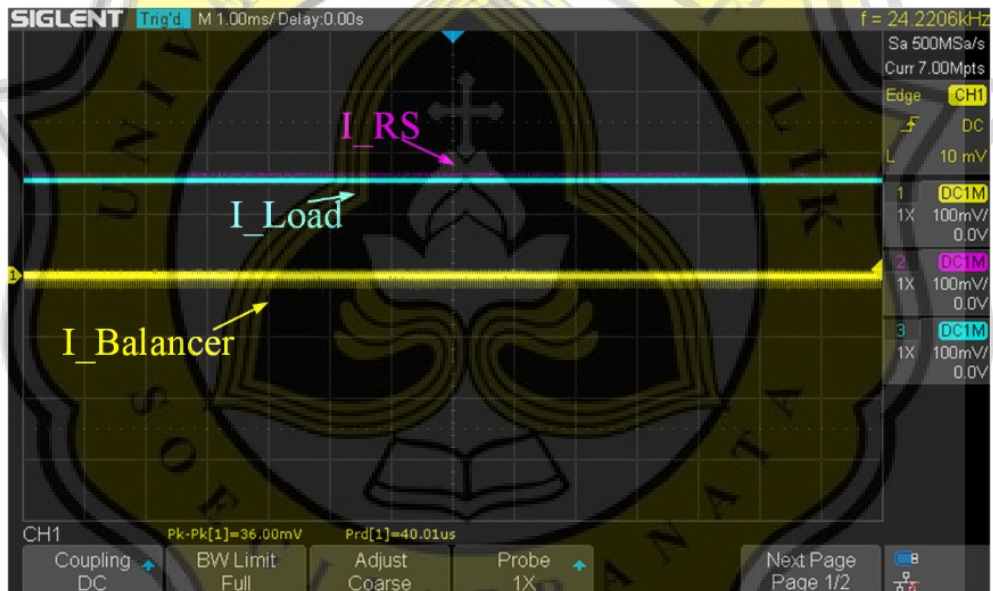


Gambar 4. 6. Osiloskop Gelombang Arus Mode *Boost*

Pada gambar gelombang arus di atas, daya yang dihasilkan lebih banyak daripada yang sedang digunakan, dengan arus yang dihasilkan sebesar 3A, maka tegangan bus DC naik dan terdeteksi oleh mikrokontroler, sehingga memasuki mode *boost*. Konverter menarik arus dari bus DC sebesar 1.4A untuk menyerap daya lebih yang dihasilkan dan mengisi ulang baterai. Hasil ini membuktikan persamaan 2.22.

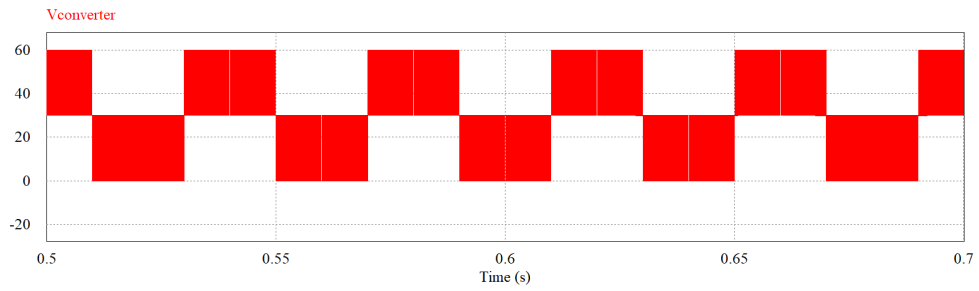


Gambar 4. 7. Gelombang Arus Idle



Gambar 4. 8. Osiloskop Gelombang Arus Idle

Gambar di atas menunjukkan saat daya yang dihasilkan dan yang sedang digunakan sama dengan arus sama sebesar 1.6A, sehingga tegangan bus DC tetap sesuai dengan nilai referensi dan konverter memasuki mode *idle* dan tidak menginjeksi atau menarik arus dari bus DC. Ini membuktikan persamaan 2.23 dan 2.24. Dari hasil tersebut, maka penyeimbang daya dapat bekerja dan telah dikalibrasi dengan baik.

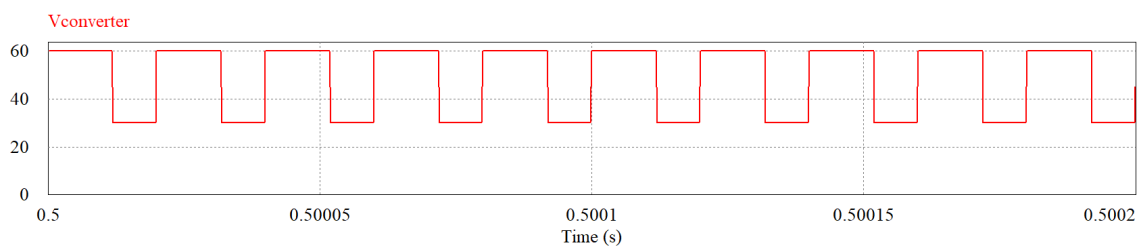


Gambar 4. 9. Simulasi Gelombang Tegangan Terminal Sebelum *Filter* Dengan Sinyal Modulasi Segitiga

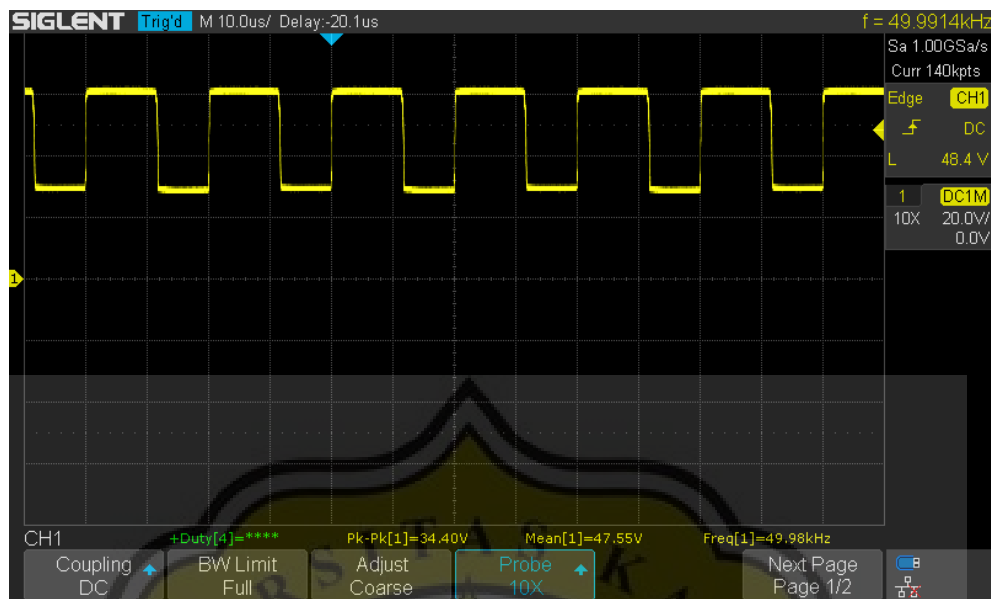


Gambar 4. 10. Osiloskop Gelombang Tegangan Terminal Sebelum *Filter* Dengan Sinyal Modulasi Segitiga

Gambar diatas merupakan gelombang tegangan pada terminal sebelum tapis induktor dengan sinyal modulasi berbentuk segitiga. Terlihat ada 3 tingkat tegangan dengan tingkat tegangan tengahnya tepat di tengah sekitar 30V. Hal ini menunjukkan tegangan kedua kapasitor seimbang karena pergeseran fasa kedua PWM tepat 180°.

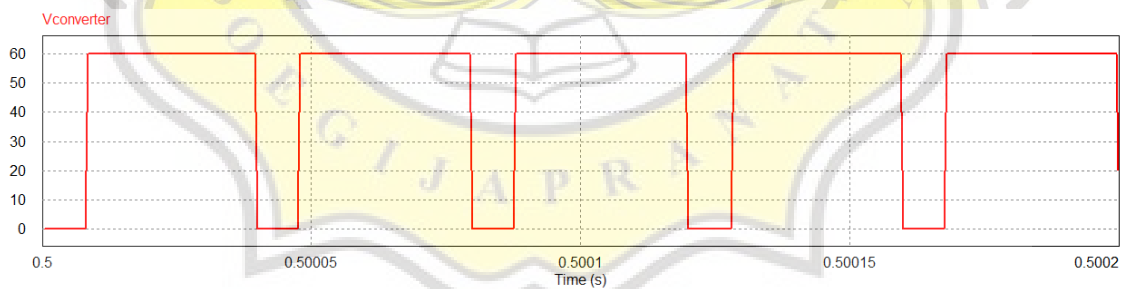


Gambar 4. 11. Simulasi Tegangan Terminal Saat Beroperasi Sebagai *Buck*

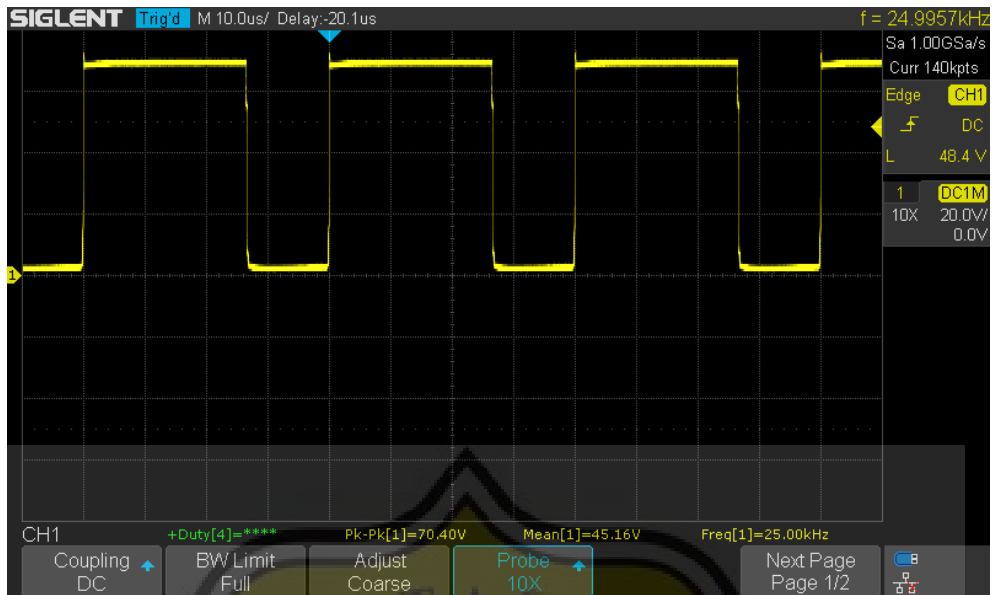


Gambar 4. 12. Osiloskop Tegangan Terminal Saat Beroperasi Sebagai *Buck*

Saat konverter beroperasi dalam mode *buck*, karena tegangan *bus* DC sebesar 48V dan tegangan baterai sebesar 60V, maka *duty-cycle* berada di sekitar 80%. Saat bekerja dalam mode ini, tegangan konversi sebelum tapis induktor berada di antara tegangan tingkat 2 dan 3. Frekuensi pensakelaran menjadi dua kali lipatnya pada 50kHz, oleh karena itu riak arus dapat menjadi lebih kecil.

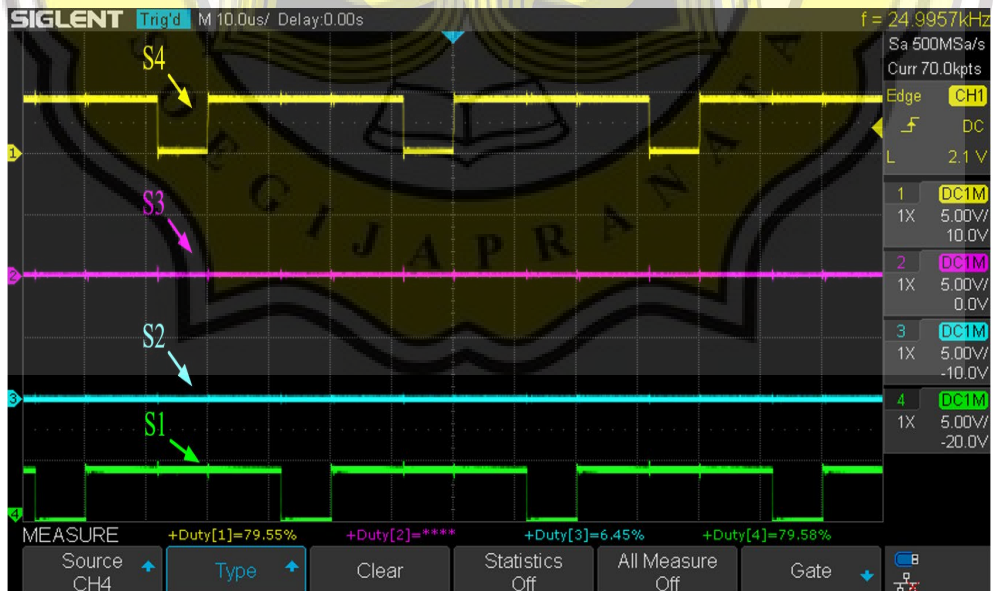


Gambar 4. 13. Simulasi Tegangan Terminal Saat Beroperasi Sebagai *Boost*



Gambar 4. 14. Osiloskop Tegangan Terminal Saat Beroperasi Sebagai *Boost*

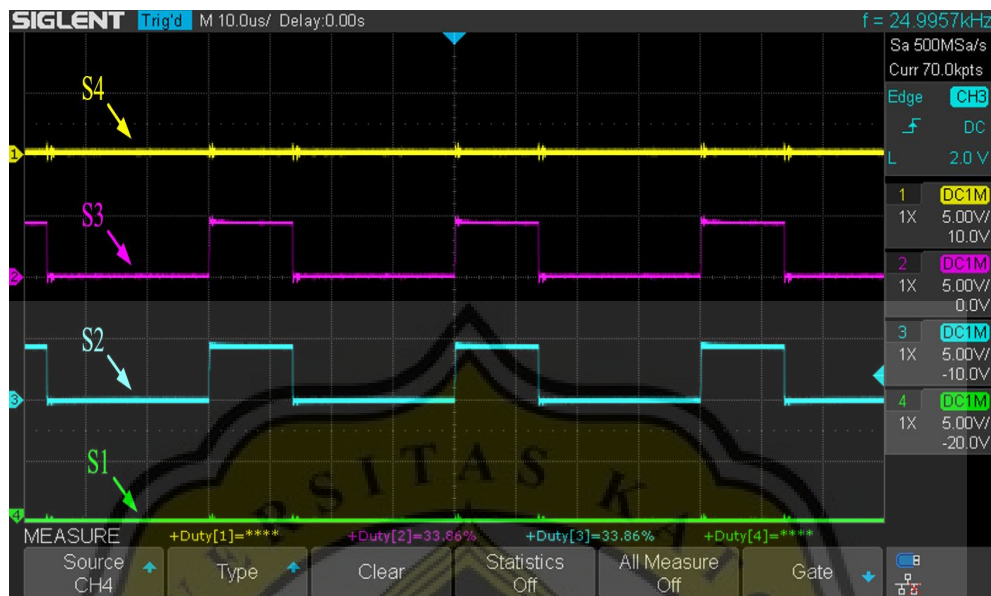
Gambar di atas merupakan tegangan terminal konverter sebelum tapis induktor saat mode *boost*. Tegangan naik setinggi tegangan baterai saat sakelar berubah ke posisi OFF dan arus *boost* menuju baterai. Tegangan baterai sedikit naik saat diisi ulang karena terdapat hambatan internal baterai. Mode *boost* ini tidak mendapatkan konversi tiga-tingkat, sehingga frekuensi pensakelarnya tetap pada 25kHz.



Gambar 4. 15. Gelombang PWM Pensakelaran Mode *Buck*



Dapat terlihat pada gambar 4.15 di atas, pergeseran fasa PWM S1 dan S4 tepat sebesar  $180^\circ$  saat mode *buck*. Timer PWM cukup andal untuk menghasilkan sinyal PWM.



Gambar 4. 16. Gelombang PWM Pensakelaran Mode *Boost*

Saat mode *boost* sakelar S2 dan S3 aktif bersamaan dengan frekuensi pensakelaran 25kHz tanpa pergeseran fasa PWM karena konversi tiga-tingkat hanya bekerja pada mode *buck*.