

Perancangan Beban DC Elektronik 5 – 50 VDC 0 – 60 A Maksimal 300 Watt Berbasis Arduino

1st Rival Harrist Febriansyah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

rivalharrist@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Sony Sumaryo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id

3rd Novi Prihatiningrum
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

nprihatiningrum@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — *Power supply* berfungsi sebagai penyedia daya dengan mengubah arus AC menjadi DC. Untuk mengetahui performa dari sebuah *power supply*, diperlukan alat uji yang mampu menyimulasikan beban secara maksimal sesuai kapasitas daya *power supply* tersebut. Beban resistor yang umum digunakan memiliki keterbatasan, seperti nilai resistansi tetap dan risiko kerusakan akibat arus berlebih, sehingga tidak efektif untuk pengujian fleksibel. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem beban elektronik yang mampu menyerap daya secara variatif dan terkendali. Pada tugas akhir ini, telah dirancang dan dibangun sebuah alat uji *power supply* berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560 menggunakan *module DC electronic load*. Alat ini memiliki spesifikasi rentang tegangan 5–50 VDC, arus 0–60 Ampere, dan daya maksimum 300 Watt. Sistem ini dilengkapi dengan *rotary encoder* sebagai pengatur arus (beban), serta *graphic display* untuk menampilkan parameter tegangan, arus, dan daya secara *real-time*. Komunikasi data menggunakan protokol serial RS485. Berdasarkan pengujian terhadap tiga unit *power supply* yang berbeda, sistem terbukti mampu mengatur dan mempertahankan arus sesuai *input* yang diinginkan. *Module DC electronic load* mampu menjaga kestabilan arus yang dibebankan, sementara *power supply* tetap mempertahankan tegangan *output* secara stabil. Sistem ini telah berfungsi dengan baik dan memenuhi kebutuhan pengujian *power supply* secara efisien.

Kata kunci— *Power Supply*, *DC Electronic Load*, *Beban*

I. PENDAHULUAN

Power supply merupakan suatu rangkaian elektronik yang berfungsi dalam mengubah arus listrik AC (bolak-balik) menjadi arus DC (searah), di mana dipergunakan sebagai penyedia daya untuk suatu atau lebih beban listrik, dengan demikian *output* tegangan dari *power supply* dapat diatur sesuai dengan beban yang digunakan [1].

Kualitas dari *power supply* perlu diuji dengan menggunakan suatu alat yang mampu menyimulasikan sebuah beban. Sebuah beban diartikan sebagai suatu yang menarik arus tertentu dari sistem kelistrikan [2]. Pada umumnya, resistor digunakan sebagai beban. Namun dalam penggunaannya, resistor harus mampu untuk mengalirkan sejumlah daya tertentu untuk mencegah terjadinya *overheat* pada resistor, atau bahkan resistor akan terbakar saat digunakan [3].

Selain itu, beban resistor memiliki resistansi dan daya tertentu, sehingga jika tidak disesuaikan, tidak dapat diaplikasikan pada berbagai tegangan *input* dan arus *input*. Dengan demikian, perlunya penyesuaian nilai resistor yang digunakan, hal ini untuk memastikan bahwa arus yang diambil dari *power supply* adalah arus yang sesuai [2]. Dengan kata lain, apabila menggunakan beban resistor, arus yang dialirkan tidak dapat diatur. Hal ini merupakan salah satu kelemahan dari penggunaan resistor sebagai beban, yang di mana jika arus yang dialirkan terlalu besar dapat merusak komponen resistor beban, sementara jika arus yang dialirkan terlalu kecil, pengujian terhadap *power supply* tidak akan maksimal.

Sementara itu, dalam melakukan pengujian *power supply*, dibutuhkan daya yang cukup besar dan arus yang konstan, sehingga diperoleh data berupa arus maksimal yang dihasilkan dari sebuah *power supply*. Untuk memenuhi kebutuhan dengan daya yang lebih besar dan konstan tersebut, dibutuhkannya sebuah alat yang bernama “*DC electronic load*”. Di mana, pengujian performa dari *power supply* akan diamati dari hasil pembebanan dengan menggunakan *DC electronic load*, yang meninjau terhadap *output power supply* tersebut stabil atau mengalami penurunan tegangan (*voltage drop*), dengan variasi beban yang dapat disesuaikan otomatis, tidak perlu melakukan penyesuaian resistor secara manual.

Dengan *DC electronic load*, akan mempunyai pengaturan dalam arus yang konstan, meskipun tegangan yang dikeluarkan dari *power supply* tersebut mengalami *drop* pada tegangan. Sehingga, dalam penggunaan *DC electronic load*, tegangan *output* akan lebih stabil dan *linear* daripada menggunakan resistor *load* (beban resistor).

Dengan demikian, pada penelitian ini akan dirancang dan dibangun sebuah alat beban DC elektronik (*DC electronic load*) yang memiliki *range* cukup besar, yaitu berkisar antara 5 – 50 Vdc dan 0 – 60 A, dan dibatasi dengan daya maksimum sampai 300 watt, menggunakan Arduino sebagai mikrokontrolernya, dilengkapi dengan *graphic display* 64 x 128 yang akan menampilkan arus, tegangan dan daya.

II. KAJIAN TEORI

Pada proses penelitian serta proses perancangan sistemnya, didasari oleh dasar teori yang menjadi acuan. Dasar teori tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

A. DC Electronic Load

DC *electronic load* merupakan sebuah alat uji yang mampu mensimulasikan beban pada suatu perangkat elektronik. Alat ini berguna untuk mengukur kinerja sumber daya listrik, seperti *power supply*, baterai, sel fotovoltaik (*solar cell*), dan generator. Alat ini bekerja dengan cara mensimulasikan beban dari sumber daya tersebut dengan bertindak sebagai *current sink*, di mana besarnya dapat diatur dan diubah. DC *electronic load* menerapkan metode di mana rangkaian dengan menghubungkan ke *fixed value load resistors*, untuk menghasilkan arus beban yang berbeda-beda [4].

Pada umumnya, DC *electronic load* dapat melakukan banyak pengukuran dan mampu beroperasi dalam berbagai mode, yang di antaranya yaitu, *constant current mode*, *constant voltage mode*, *constant power mode*, serta *constant resistance mode*, di mana seluruh mode tersebut berhubungan dengan pengaturan arus, sehingga diperlukan aktuatur yang mampu menanggapi secara cepat untuk menyesuaikan arus input [5].

Dalam sistem ini, referensi tegangan DC yang dapat disesuaikan berfungsi sebagai acuan pengaturan untuk menghasilkan arus konstan (*constant current*), dan dikendalikan oleh mikrokontroler berdasarkan perintah pengaturan arus yang diterima [6]. Selama sistem beroperasi, bagian pengukuran arus dan tegangan akan bekerja secara *real time*, di mana nilai arus dalam rangkaian utama dikonversi melalui transformator arus dan dideteksi melalui rangkaian pengukuran arus, sementara nilai tegangan dikonversi melalui transformator tegangan dan dikirim ke mikrokontroler melalui rangkaian deteksi tegangan [7].

Informasi yang diperoleh dari kedua rangkaian pengukuran ini, kemudian akan digunakan untuk menjaga kestabilan arus sesuai nilai referensi yang ditentukan, sehingga DC *electronic load* dapat meregulasi beban secara presisi dalam berbagai kondisi pengujian [6], [7].

B. Daya Listrik

Tingkat konsumsi energi dalam suatu rangkaian listrik disebut daya listrik, yang menyatakan terhadap banyaknya energi listrik yang terpakai setiap detiknya, dengan satuan daya listrik adalah Watt (1 Watt = 1 Joule/detik) [8].

C. Hukum Ohm serta Hubungan antara Tegangan, Arus, dan Daya

Hukum Ohm merepresentasikan bahwa sebuah arus, tegangan dan resistansi saling berhubungan. Menurut Hukum Ohm, tegangan (V) berbanding lurus dengan arus (I) yang mengalir, dan berbanding terbalik dengan resistansi (R). Sementara itu, hukum daya menyatakan bahwa daya (P) dalam suatu rangkaian dapat dikalkulasikan sebagai hasil perkalian antara tegangan dan arus ($P = V \times I$) [9]. Sehingga, jika suatu sumber tegangan diberi beban tertentu, akan muncul suatu besaran arus, namun jika resistansi bebannya diperbesar, arusnya akan semakin kecil. Begitu

pula dengan sebaliknya, jika arus semakin besar, maka resistansi yang ada di beban semakin kecil.

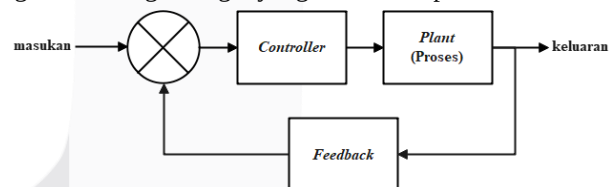
D. Disipasi Daya

Dalam sistem DC *electronic load*, disipasi daya terjadi ketika arus yang diserap dari sumber daya dikendalikan untuk mencapai mode operasi tertentu, contohnya *constant current mode*, di mana proses ini akan melibatkan konversi energi listrik menjadi panas. Maka dari itu, sebagian besar energi listrik yang diserap oleh beban (MOSFET) akan dikonversi menjadi panas [4]. Sehingga panas yang dihasilkan oleh MOSFET perlu untuk menambahkan *exhaust fan* dan *heatsink*, hal ini akan mampu untuk melakukan disipasi daya yang lebih besar. Selain itu, dengan tidak menggunakan *exhaust fan* dan *heatsink* akan membatasi kemampuan alat dalam menyerap arus yang besar. Hal ini menunjukkan, bahwa disipasi daya adalah masalah penting yang akan berdampak langsung pada performa DC *electronic load*.

Dengan demikian, disipasi daya dalam DC *electronic load* melibatkan daya yang diserap dan daya yang dilepaskan, proses daya yang dilepaskan ini disebut dengan disipasi daya. Dalam mengendalikan disipasi tersebut, digunakan konfigurasi resistor paralel yang memungkinkan pembagian arus dan panas secara merata [4].

E. Sistem Kendali Loop Tertutup

Sistem kendali *loop* tertutup atau *closed loop control system*, merupakan jenis sistem pengendalian yang dilengkapi dengan mekanisme umpan balik (*feedback*), di mana *output* sistem digunakan untuk menyesuaikan *input* secara otomatis. Tujuan dari *feedback* ini adalah untuk meminimalkan selisih *error* antara *output* aktual dan *set-point*. Dengan demikian, sistem dapat menghasilkan *output* yang sesuai dengan target yang telah ditetapkan.



GAMBAR 1
(BLOK DIAGRAM SISTEM KENDALI LOOP TERTUTUP [10])

F. Arduino Mega 2560

Mikrokontroler Arduino Mega 2560 merupakan sebuah *board* yang berbasis mikrokontroler ATmega2560, memiliki 54 pin *input/output* digital, 16 pin *input* analog, 4 UART (*port serial hardware*), *oscillator* kristal 16 MHz, koneksi USB, *jack* daya, *header* ICSP, dan tombol *reset* dengan *input power* sebesar 5 V yang bekerja pada sebuah komputer dengan kabel USB [11].

G. Komunikasi RS485

Metode pertukaran data terdapat 2 (dua) jenis, yaitu komunikasi serial dan komunikasi paralel. Pada komunikasi serial, informasi dikirimkan satu bit dalam satu waktu melalui jalur transmisi data secara berurutan (*bit per bit*) dari pengirim ke penerima [12]. Sedangkan komunikasi paralel, informasi dikirimkan secara sekelompok bit dengan bersamaan melalui beberapa jalur transmisi, di mana setiap bit memiliki jalurnya sendiri, sehingga proses pengiriman

data dapat berlangsung lebih cepat dibandingkan komunikasi serial.

RS485 merupakan protokol komunikasi yang menerapkan metode pertukaran data secara serial, di mana dapat berkomunikasi antara satu unit dengan unit lainnya [13]. Mode komunikasi serial yang dapat diimplementasikan, yaitu *simplex*, *half duplex*, dan *full duplex*.

Pada komunikasi RS485, seluruh perangkat berada dalam mode penerima (*default*). Ketika salah satu perangkat perlu mengirimkan data, perangkat tersebut akan beralih ke mode pengirim, melakukan transmisi data, lalu kembali lagi ke mode penerima [13]. Pada implementasi *full duplex*, RS485 menggunakan dua jalur data yang memungkinkan perangkat untuk mengirim dan menerima data secara bersamaan. Dengan demikian, hal ini akan membuat komunikasi menjadi lebih efisien.

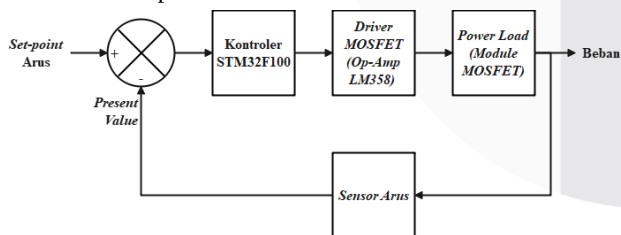
III. METODE

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai perancangan sistem yang meliputi perancangan sistem kendali, perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*).

A. Perancangan Sistem Kendali

Module DC electronic load bekerja dengan prinsip *closed-loop*, di mana *module* ini akan menyesuaikan *input* tegangan dari Arduino untuk menjaga arus (beban) agar tetap konstan. Dengan demikian, proses pengendalian *closed-loop* terjadi secara *internal* di dalam *module DC electronic load*, bukan pada mikrokontroler Arduino.

Metode pengendalian yang digunakan dalam sistem ini adalah *manual closed-loop control* tanpa algoritma kendali otomatis. Di mana besaran arus (*set-point*) diatur secara langsung oleh *user* melalui *input* fisik menggunakan *rotary encoder*, tanpa adanya penyesuaian otomatis dari sistem. Nilai *set-point* arus tersebut kemudian dikirimkan ke *module DC electronic load* melalui komunikasi serial. Selanjutnya, *module* tersebut akan mempertahankan nilai arus sesuai pada *set-point* yang diberikan dengan menerapkan mekanisme kendali tertutup.



GAMBAR 2
(BLOK KENDALI SISTEM)

Dengan demikian, secara keseluruhan sistem ini mengimplementasikan pengendalian *closed-loop* yang bertujuan dalam mengatur arus (beban) berdasarkan nilai *input set-point* arus yang dikirimkan ke mikrokontroler Arduino. Setelah nilai *set-point* diterima, Arduino mengirimkan sinyal ke kontroler STM32F100 yang ada di dalam *module DC electronic load*. Nilai *digital* ini kemudian diproses menjadi data *analog*, yang akan diteruskan ke *driver MOSFET* untuk mengendalikan *gate* pada MOSFET.

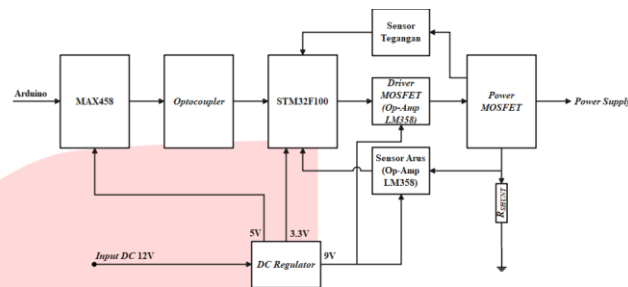
Sehingga, MOSFET akan mengatur beban arus sesuai dengan nilai *set-point* yang telah ditentukan.

B. Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan perangkat keras, prosesnya terbagi ke dalam 3 (tiga) bagian, yaitu *module DC electronic load*, perancangan mekanik, dan perancangan elektrik.

1. Module DC Electronic Load

Berikut merupakan diagram blok *module DC electronic load* yang tercantum pada gambar 3.

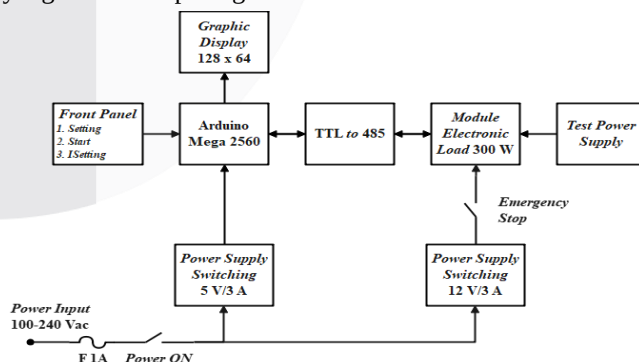


GAMBAR 3
(BLOK DIAGRAM MODULE DC ELECTRONIC LOAD)

Kontroler STM32F100 menerima nilai arus (*set-point*) dari Arduino melalui komunikasi serial RS485 yang diisolasi oleh *optocoupler*, lalu menghasilkan sinyal kendali ke *driver MOSFET* (Op-Amp LM358) untuk mengatur tegangan *gate* MOSFET IRFP264N. Arus aktual yang mengalir dari *power supply* diukur melalui resistor *shunt* dan diperkuat oleh Op-Amp LM358 sebelum dibaca oleh ADC sebagai *feedback*. Sistem ini menerapkan kendali loop tertutup, di mana *feedback* dibandingkan dengan *set-point* untuk menjaga kestabilan arus beban secara otomatis. Tegangan output *power supply* juga dibaca langsung oleh ADC menggunakan sensor tegangan. Seluruh sistem mendapat catu daya dari input DC 12V yang diturunkan menjadi 5V, 3.3V, dan 9V melalui DC Regulator sesuai kebutuhan masing-masing komponen.

2. Perancangan Mekanik

Berikut merupakan blok diagram keseluruhan sistem alat yang tercantum pada gambar 4.



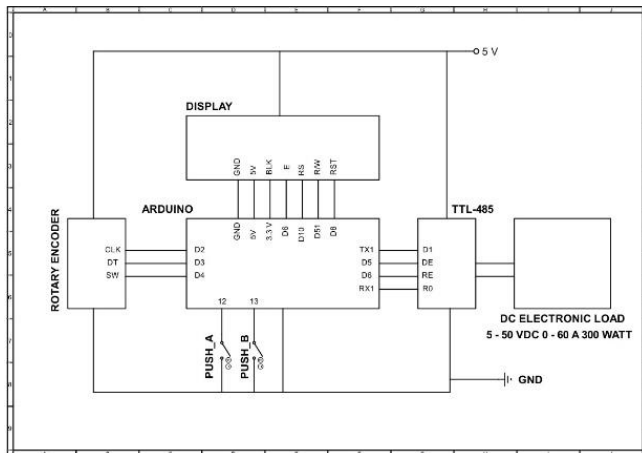
GAMBAR 4
(BLOK DIAGRAM KESELURUHAN SISTEM)

Set-point arus yang diatur melalui *rotary encoder* akan diterima oleh Arduino Mega 2560, lalu dikonversi menjadi tegangan dan dikirimkan ke *module DC electronic load* 300 Watt melalui komunikasi RS485. Modul ini kemudian mengubah tegangan tersebut menjadi arus untuk membebani *power supply* sesuai nilai *input*. Selama pengujian, *module*

DC *electronic load* menarik arus dari *power supply* dan mengatur besarnya berdasarkan *input* dari *user*. Tegangan *output* dari *power supply* akan dibaca oleh Arduino, lalu tegangan *output* tersebut akan diolah agar mendapatkan nilai arus maksimal yang berdasarkan pada besaran daya dari *module DC electronic load*. Semua parameter hasil pengujian, yaitu *volt* (tegangan *input* dari *power supply*), *command* arus, arus yang terbaca, dan daya, ditampilkan pada *graphic display* 128 x 64 pixels.

3. Perancangan Elektrik

Berikut merupakan rangkaian *digital input* dan *digital output* pada sistem yang tercantum di gambar 5.

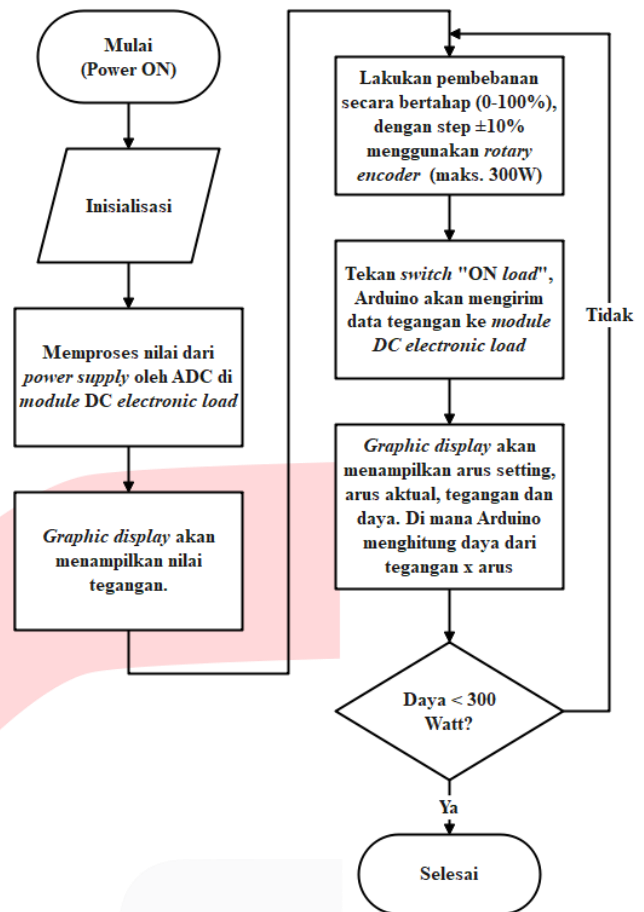


GAMBAR 5
(RANGKAIN DIGITAL INPUT DAN DIGITAL OUTPUT)

Rotary encoder berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk mengatur nilai arus (*set-point*), sedangkan *push button* digunakan untuk memulai sistem dalam membaca arus dan tegangan, serta mengaktifkan mode pembebanan arus konstan (*constant current*) melalui pengaturan *Isetting*. Seluruh parameter hasil pengujian seperti arus, arus *command*, tegangan, dan daya ditampilkan melalui *graphic display* yang terhubung langsung ke Arduino, sehingga memudahkan proses *monitoring* selama pengujian berlangsung. Setelah data yang di-inputkan diproses oleh Arduino, data tersebut dikirim ke *module DC electronic load* melalui komunikasi serial RS485, yang sebelumnya telah dikonversi dari sinyal logika TTL (5V/0V) menjadi sinyal diferensial RS485 menggunakan *module TTL to RS485*.

C. Perancangan Perangkat Lunak

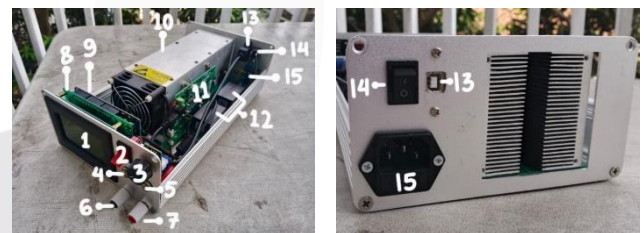
Dalam perancangan program menggunakan *software* Arduino, diperlukan beberapa tahapan. Tahapan tersebut merupakan pembuatan algoritma, dari algoritma tersebut diharapkan alat yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Setelah itu, membuat program fungsi terkait yang diprogram ke dalam bahasa pemrograman C++. Algoritma pemrograman utama dari sistem ini tercantum pada gambar 6.



GAMBAR 6
(ALGORITMA PEMROGRAMAN)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 7 menunjukkan hasil dari perancangan perangkat keras yang digunakan dalam pengujian sistem.



a) Tampak Atas Terbuka

b) Tampak Belakang



c) Tampak Atas Tertutup

GAMBAR 7
(HASIL PERANCANGAN PERANGKAT KERAS)

A. Pengujian Pengaruh Tegangan terhadap Arus (Beban)

Pada pengujian tegangan yang dilakukan, menggunakan alat ukur *multimeter* Fluke 115, sedangkan untuk pengujian arus (beban) menggunakan *clamp meter*. Penggunaan alat ukur *multimeter* dan *clamp meter* bertujuan untuk dijadikan sebagai referensi pengukuran yang tertera pada *graphic display module DC electronic load*. Selain itu, dalam pengujian ini juga dihitung nilai efisiensi daya dari *power supply* yang diuji, yaitu dengan menggunakan rumus:

$$\%Efisiensi (\eta) = \frac{P_{OUTPUT}}{P_{INPUT}} \times 100\% \quad (1)$$

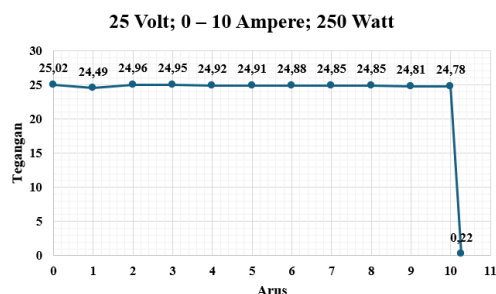
Di mana P_{OUTPUT} adalah daya *output* yang terukur dari sisi beban, dan P_{INPUT} adalah daya *input* dari *power supply* menggunakan *wattmeter*. Nilai efisiensi ini menjadi acuan seberapa efektif *power supply* mentransfer daya ke beban sesuai dengan arus dan tegangan yang telah diatur.

1. Pengujian Parameter 25 Volt, 0 – 10 Ampere, 250 Watt

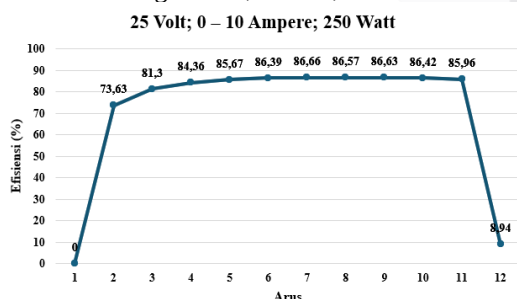
Berikut merupakan tabel hasil pengujian dan grafik hasil pengujian pada *power supply* pertama:

TABEL 1
(PENGARUH TEGANGAN TERHADAP ARUS (BEBAN)
25V; 0 – 10A; 250W)

No.	Arus (I)		Tegangan (V)		Daya (P)		Efisiensi (%)
	ISETTING	IDISPLAY	IAU	VDISPLAY	VAU	PIN	
1	0,00	0,00	0	25,02	25,05	7,80	0
2	1,00	1,00	0,99	24,49	25,03	34,10	73,63
3	2,00	2,00	1,99	24,96	25,01	61,50	81,30
4	3,00	3,01	2,99	24,95	24,99	88,90	84,36
5	4,00	4,00	3,99	24,92	24,97	116,80	85,67
6	5,00	5,00	4,98	24,91	24,95	144,60	86,39
7	6,00	6,01	5,98	24,88	24,94	172,70	86,66
8	7,00	7,00	6,98	24,85	24,92	201,00	86,57
9	8,00	8,00	7,97	24,85	24,90	230,00	86,63
10	9,00	9,00	9,00	24,81	24,88	259,20	86,42
11	10,00	10,00	10,19	24,78	24,86	289,10	85,96
12	11,00	10,27	10,20	0,22	0,26	26,30	8,94
Rata-rata Efisiensi (%)							84,359



a) Grafik Pengaruh Tegangan terhadap Arus (Beban) dengan 25V; 0–10A; 250W



b) Grafik Hubungan antara Arus dan Efisiensi Daya 25V; 0 – 10A; 250W

GAMBAR 8
(GRAFIK PENGUJIAN PARAMETER 25V; 0 – 10A; 250W)

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 1, dan grafik hasil pengujian pada gambar 8, dapat diketahui bahwa *power supply* mampu mempertahankan kestabilan tegangan *output* meskipun diberikan beban arus yang meningkat, dengan penurunan tegangan yang masih dalam batas toleransi sistem, yaitu sekitar 0,52%. *Module DC electronic load* juga terbukti mampu menjaga arus tetap konstan sesuai *set-point* yang ditentukan melalui *rotary encoder*. Namun, saat arus melebihi batas maksimum kemampuan *power supply*, yaitu 11 Ampere, terjadi penurunan tegangan dan efisiensi secara signifikan. Nilai daya *output* meningkat secara proporsional terhadap arus hingga mencapai 252,09 Watt pada 10,19 Ampere, yang mendekati batas maksimum *power supply*, yaitu 10 Ampere. Efisiensi daya tertinggi tercapai sebesar 86,66% dan rata-rata efisiensi sistem berada di kisaran 84,359%, di mana hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara optimal hingga mendekati batas kemampuan *power supply* yang diuji.

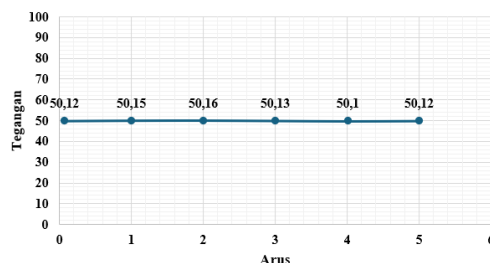
2. Pengujian Parameter 50 Volt; 0 – 50 Ampere; 250 Watt

Berikut merupakan tabel hasil pengujian dan grafik hasil pengujian pada *power supply* kedua:

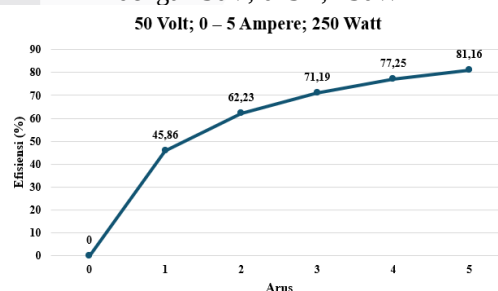
TABEL 2
(PENGARUH TEGANGAN TERHADAP ARUS (BEBAN) DENGAN
50V; 0 – 5A; 250W)

No.	Arus (I)		Tegangan (V)		Daya (W)		Efisiensi (%)
	ISETTING	IDISPLAY	IAU	VDISPLAY	VAU	PIN	
1	0,00	0,07	0,07	50,12	50,09	35,10	0
2	1,00	1,00	1,00	50,15	50,07	110,00	45,86
3	2,00	2,00	2,01	50,16	50,06	161,30	62,23
4	3,00	3,00	3,01	50,13	50,06	211,40	71,19
5	4,00	4,01	4,02	50,10	50,05	260,00	77,25
6	5,00	5,00	5,03	50,12	50,05	309,20	81,16
Rata-rata Efisiensi (%)							67,538

50 Volt; 0 – 5 Ampere; 250 Watt



a) Grafik Pengaruh Tegangan terhadap Arus (Beban) dengan 50V; 0–5A; 250W



b) Grafik Hubungan antara Arus dan Efisiensi Daya 50V; 0 – 5A; 250W

GAMBAR 9
(GRAFIK PENGUJIAN PARAMETER 50V; 0 – 5A; 250W)

Pengujian dilakukan pada tegangan *input* 50 Volt dengan arus (beban) dari 0 hingga 5 Ampere untuk mengevaluasi performa *module DC electronic load* dalam mempertahankan arus dan akurasi pengaturannya, serta untuk mengevaluasi performa *power supply* dalam mempertahankan kestabilan

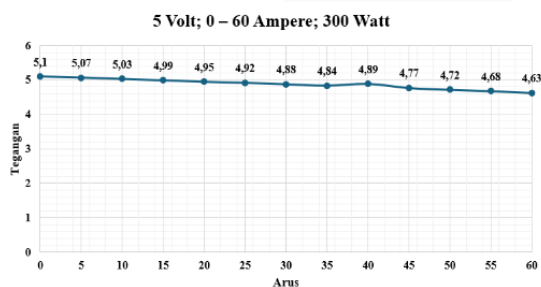
tegangan *output*. Hasil menunjukkan bahwa tegangan *output power supply* tetap stabil dengan penurunan tegangan sekitar yang masih dalam batas toleransi sistem, yaitu sekitar 0,12%, hal ini menandakan kemampuan dalam mempertahankan tegangan *output* yang stabil meskipun arus meningkat. *Module DC electronic load* yang digunakan juga mampu mempertahankan arus sesuai nilai *set-point* dari *rotary encoder*, di mana hal ini menunjukkan bahwa sistem pengendalian arus bekerja optimal. Daya *output* meningkat secara *linear*, mencapai 250,95 Watt pada arus 5 Ampere, di mana mendekati batas maksimal sistem, yaitu 250 Watt. Efisiensi daya juga meningkat seiring bertambahnya arus, dari 45,86% di 1 Ampere hingga maksimum 81,16% di 5 Ampere, dengan rata-rata efisiensi sebesar 67,538%. Nilai efisiensi tersebut dapat berpotensi lebih tinggi, jika pengujian dilanjutkan hingga 80% dari kapasitas maksimal *power supply*, yaitu 10 Ampere.

3. Pengujian Parameter 5 Volt; 0 – 60 Ampere; 300 Watt

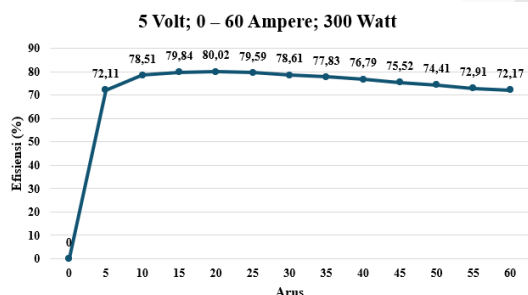
Berikut merupakan tabel hasil pengujian dan grafik hasil pengujian pada *power supply* ketiga:

TABEL 3
(PENGARUH TEGANGAN TERHADAP ARUS (BEBAN)
DENGAN 5V; 0 – 60A; 300W)

5 Volt; 0 – 60 Ampere; 300 Watt								
No.	Arus (I)			Tegangan (V)		Daya (W)		Efisiensi (%)
	ISETTING	IDISPLAY	IAU	VDISPLAY	VAU	PIV	POUT	
1	0,00	0,00	0,00	5,10	5,10	5,00	0,00	0,00
2	5,00	5,00	4,92	5,07	5,09	35,00	25,24	72,11
3	10,00	9,99	9,82	5,03	5,07	63,70	50,01	78,51
4	15,00	15,00	14,73	4,99	5,05	93,00	74,25	79,84
5	20,00	20,00	19,68	4,95	5,04	122,70	98,19	80,02
6	25,00	25,00	24,47	4,92	5,01	152,70	121,54	79,59
7	30,00	30,01	29,34	4,88	4,99	183,20	144,02	78,61
8	35,00	35,00	34,25	4,84	4,97	213,60	166,25	77,83
9	40,00	40,02	39,32	4,89	4,95	244,90	188,05	76,79
10	45,00	45,02	44,01	4,77	4,93	277,20	209,33	75,52
11	50,00	50,01	49,10	4,72	4,91	309,10	230,00	74,41
12	55,00	55,02	54,09	4,68	4,89	342,60	249,80	72,91
13	60,00	60,01	59,58	4,63	4,86	364,70	263,20	72,17
Rata-rata Efisiensi (%)								76,5258



a) Grafik Pengaruh Tegangan terhadap Arus (Beban)
dengan 5V; 0–60A; 300W



b) Grafik Hubungan antara Arus dan Efisiensi Daya
5V; 0 – 30A; 300W

GAMBAR 10
(GRAFIK PENGUJIAN PARAMETER 5V; 0 – 60A; 300W)

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3, dan grafik pengujian pada gambar 10, *power supply* mampu menjaga kestabilan tegangan *output* meskipun arus (beban) meningkat, dengan penurunan tegangan sekitar 4,7% pada rentang 0 – 60 Ampere. Penurunan ini disebabkan oleh kabel penghubung antara *power supply* dan *module DC electronic load* yang kurang memadai dalam menangani arus (beban) hingga 60 Ampere. Tetapi, pada *power supply* yang digunakan tidak menunjukkan bahwa terjadinya penurunan tegangan *output*. Deviasi yang terjadi antara arus aktual (dari alat ukur) dan arus pada *graphic display* diakibatkan oleh keterbatasan akurasi *clam meter* yang digunakan untuk pengukuran. Namun *module DC electronic load* terbukti mampu mempertahankan arus sesuai *set-point* dari *rotary encoder*, hal ini menunjukkan sistem pengendalian arus optimal. Daya *input* dan *output* meningkat secara *linear* dengan arus, masing-masing mencapai 364,70 Watt dan 263,20 Watt pada 60 Ampere, di mana menunjukkan performa *power supply* yang tetap stabil mendekati batas maksimal. Efisiensi meningkat hingga 80,02% pada arus 15 Ampere, lalu menurun perlahan menjadi 72,17% di 60 Ampere, dengan rata-rata efisiensi sebesar 76,5258%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dibangun, yaitu alat pengujian performa *power supply* yang berbasis Arduino Mega 2560 menggunakan *module DC electronic load*, berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan perancangan, di mana sistem yang dibangun mampu mengatur arus (beban), *module DC electronic load* mampu mempertahankan nilai arus (beban) dengan cukup baik melalui pengendalian *input* dari *rotary encoder* yang dikirimkan ke *module DC electronic load* melalui komunikasi serial RS485.

Pengujian terhadap 3 (tiga) unit *power supply* yang dilakukan telah mencakup spesifikasi kinerja dari *module DC electronic load* yang dirancang, yaitu dengan rentang pengujian arus (beban) 0 – 60 Ampere, tegangan 5 – 50 Volt, dan daya maksimum 300 Watt, dengan rata-rata efisiensi 76,14% berdasarkan hasil pengujian terhadap tiga unit *power supply*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah mampu bekerja sesuai dengan besaran parameter yang dirancang, dan memenuhi kebutuhan pengujian berbagai jenis *power supply*.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa *power supply* yang diuji mampu mempertahankan kestabilan tegangan *output* meskipun diberikan variasi arus (beban). Pada pengujian *power supply* pertama dan kedua, penurunan tegangan *output* yang terjadi masih berada dalam batas wajar, yaitu di bawah 2%. Namun, pada pengujian *power supply* ketiga, dengan 5 Volt; 0 – 60 Ampere; 300 Watt mengalami penurunan tegangan *output* sebesar 5%, hal ini disebabkan karena kabel penghubung yang digunakan tidak memadai dalam penggunaan arus yang tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kestabilan tegangan *output* sudah cukup baik.

Perhitungan efisiensi daya menunjukkan bahwa nilai efisiensi meningkat secara proporsional terhadap arus (beban) yang diterapkan, dan mendekati nilai maksimum pada saat pembebanan tinggi. Dengan demikian, sistem pengujian ini tidak hanya mampu membebani *power supply* dengan baik, tapi juga dapat digunakan untuk menganalisis

performa *power supply* berdasarkan parameter efisiensi dan kestabilan tegangan *output*.

REFERENSI

- [1] G. S. A. Putra, A. Nabila, and A. B. Pulungan, "Power Supply Variabel Berbasis Arduino," *Jurnal Teknik Elektro Indonesia (JTEIN)*, vol. 1, no. 2, pp. 139–143, 2020.
- [2] M. M. R. Udju, "Beban Elektronik untuk Pengujian Regulasi Catu Daya," Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia, 2015.
- [3] I. Saukani and R. Triturani, "Pengujian power supply switching komputer 12 Volt di laboratorium Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang," *JURNAL ELTEK*, vol. 20, no. 1, pp. 69–74, Apr. 2022, doi: 10.33795/eltek.v20i1.340.
- [4] Y. Wang, "Design and Development of an Open Source Programmable DC Electronic Load," University of Delaware, Newark, United States, 2015.
- [5] K. M. Tsang and W. L. Chan, "Fast Acting Regenerative DC Electronic Load Based on a SEPIC Converter," *IEEE Trans Power Electron*, vol. 27, no. 1, pp. 269–275, Jan. 2012, doi: 10.1109/TPEL.2011.2158446.
- [6] Y. Cai, "Design of 300A constant current electronic load," in *Photoelectronic Technology Committee Conferences*, W. Bao and Y. Lv, Eds., Huludao, Liaoning, China, Jan. 2016, p. 97961M. doi: 10.1117/12.2228515.
- [7] A. Shiqi, "High power DC electronic load," in *2017 Chinese Automation Congress (CAC)*, Jinan, China: IEEE, Oct. 2017, pp. 1698–1701. doi: 10.1109/CAC.2017.8243041.
- [8] N. Setiaji, Sumpena, and A. Sugiharto, "Analisis Konsumsi Daya dan Distribusi Tenaga Listrik," *Jurnal Teknologi Industri*, vol. 11, no. 1, May 2022.
- [9] H. A. Gymnastiar, M. R. Kirom, and I. W. Fathona, "Pengaruh Beban Lampu terhadap Tegangan, Arus, dan Daya yang Dihasilkan oleh Generator AC," in *e-Proceeding of Engineering: Vol. 11 No. 2*, Bandung, Indonesia: Open Library Telkom University, Apr. 2024, pp. 1466–1468.
- [10] W. W. Wulandari, "Rancang Bangun Sistem Kendali Kecepatan Motor Brushless DC dengan Metode Proportional Integral Derivative," Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Indonesia, 2024.
- [11] C. G. I. Partha, "Design and Balancing Load Current in 3-Phase System Using Microcontroller ATMEGA 2560," *International Journal of Engineering and Emerging Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 76–83, Jan. 2017.
- [12] D. R. R. Ruwahida, I. Rachman, H. A. Widodo, R. Y. Adhitya, and Y. Irawan, "Sistem Komunikasi Mikrokontroler dan PLC Berbasis Komunikasi Serial Host Link dan Protokol C-Command RS232," *Infotekmesin*, vol. 14, no. 2, pp. 354–361, Jul. 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i2.1924.
- [13] R. Vitria, "Komunikasi Data Serial Multipoint menggunakan Teknik RS485 Half Duplex," *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, vol. 3, no. 2, pp. 67–73, Mar. 2008.