

PERANCANGAN KONVERTER DC-DC TOPOLOGI *BUCK* BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA8535 UNTUK APLIKASI HEATER EKSTRAKSI BIJI KAPUK

Aggie Brenda Vernandez^{*)}, Mochammad Facta, and Tejo Sukmadi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}Email : *mtheassassin@gmail.com*

Abstrak

Ekstraksi minyak biji kapuk secara umum masih diproduksi secara konvensional dengan pemanasan menggunakan bahan bakar fosil, maka dari itu diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk membuat proses ekstraksi menjadi modern. Salah satu metode adalah menggunakan pemanas listrik. Pemanas listrik diharapkan dapat mempertahankan suhu ekstraksi, sehingga perlu adanya sistem umpan balik. Solusi yang ditawarkan salah satunya adalah dengan membuat konverter DC-DC buck dengan mikrokontroler. Mikrokontroler ATmega8535 bertindak sebagai pusat pengendali tegangan dan daya keluaran dc chopper agar dapat mempertahankan suhu ekstraksi. Kombinasi dari pengaturan duty cycle MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) sebagai pensaklaran elektronika daya, mikrokontroler, dan kontroler PID (Proportional Integral Derivative) di dalam DIC (Digital Indicating Controller) dipilih sebagai kontroler utama dalam sistem yang diajukan. Mikrokontroler mendapat sinyal umpan balik dari sensor termokopel tipe K melalui DIC. Berdasarkan hasil eksperimen, proses pemanasan sukses mempertahankan suhu di 65°C dengan variasi duty 70%, 75%, 80% , dan air sebagai beban pengganti. Eksperimen kedua sukses mempertahankan suhu ekstraksi pada suhu 60°C dengan campuran 3,6 liter n-heksane dan 144gr biji kapuk.

Kata kunci: buck , MOSFET, mikrokontroler, Digital Indicating Controller, termokopel.

Abstract

Cotton seed oil extraction in general conventionally produced by heating using fossil fuel., therefore it required further development to make the extraction process become modern. One of the methods is the use of electric heater. Electric heater is expected to maintain the temperature of the extraction, so it needs a feedback system. One of the solutions offered was to create a buck DC-DC converter with microcontroller. ATmega8535 microcontroller acted as the control center for output voltage and power in order to maintain the temperature of extraction. The combination of duty cycle adjustment of MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) as power electronic switching, microcontroller, and PID (Proportional Integral Derivative) controller inside DIC (Digital Indicating Controller) was chosen as major controller in the proposed system. Microcontroller got feedback signal from type K thermocouple sensor through DIC. Based on the experimental result, the heating process was successfully maintain the temperature at 65°C with 70%, 75%, 80% duty variety, and water as dummy load. The second experiment was successfully maintain the temperature of extraction at 60°C with 3.6 liters of n-heksane mixed with 144gr cotton seeds.

Keywords : buck, MOSFET, microcontroller Digital Indicating Controller, thermocouple

1. Pendahuluan

Sumber energi alternatif merupakan sumber energi pilihan untuk menggantikan sumber energi terbatas. Sumber energi alternatif memiliki keuntungan yaitu ketersediaan di alam lebih melimpah dibanding sumber energi terbatas. Selain itu sumber energi alternatif dapat dibuat dengan cara pengolahan bahan yang mudah didapatkan

dari alam. Contoh sederhana yang dapat dijadikan sumber energi alternatif adalah minyak olahan dari biji kapuk.

Biji buah kapuk memiliki kandungan utama minyak murni. Selain itu kandungan utama yang komposisinya cukup besar adalah kandungan protein dan gossypol (pigmen warna biji kapuk). Minyak yang didapat dari biji kapuk ini memiliki kandungan protein cukup besar, 36 hingga 44 persen. Biasanya minyak ini digunakan sebagai

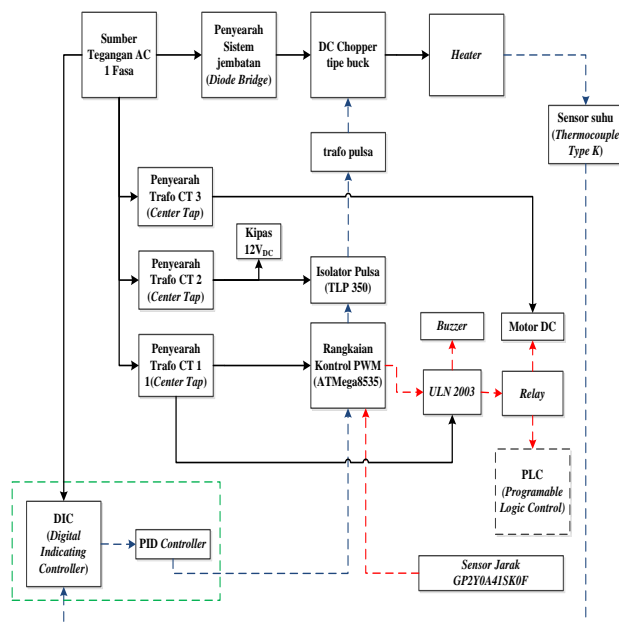
bahan baku pada industri makanan dan bahan baku dalam industri pembuatan minyak diesel (biodiesel).[1]

Cara pengolahan diawali dengan penghancuran biji kapuk hingga berbentuk bubuk. Selanjutnya bubuk biji kapuk dilarutkan dengan n-heksane. Proses ekstraksi dengan pelarut n-heksane dilakukan selama 30 menit dengan suhu 65 derajat. Melalui proses ekstraksi dengan pelarut n-heksane diharapkan bisa didapat minyak sebanyak 30 persen dari bahan biji kapuk. Alasan menggunakan metode ekstraksi adalah karena dengan cara pressing, biasanya masih banyak sisa minyak yang menempel pada kulit biji kapuk, tapi jika dengan cara ekstraksi hampir semua kandungan minyak dapat diserap.[1]

Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain rangkaian konverter buck sebagai suplai daya untuk heater agar kapasitas daya heater/pemanas yang digunakan dapat diatur, serta dapat menganalisa karakteristik tegangan dan arus, untuk melihat peforma konverter buck yang dibuat.

2. Metode

Perancangan tugas akhir ini terdiri dari rangkaian penyearah (rectifier) sistem jembatan dan trafo CT, rangkaian DC Chopper tipe buck, rangkaian kontrol PWM (Mikrokontroler ATmega8535) dan DIC (Digital Indicating Controller), rangkaian isolator pulsa (TLP 350 dan trafo pulsa), serta pemanas (heater). Adapun rangkaian pendukung adalah driver ULN2003, relay, buzzer, dan motor DC.

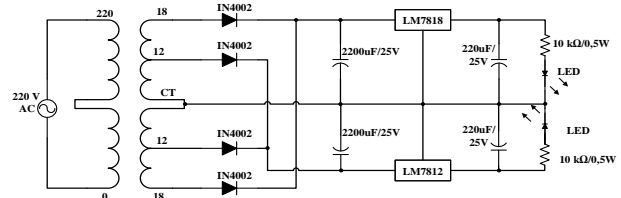


Gambar 1 Blok diagram perancangan alat

2.1 Perancangan Rangkaian Kontrol

2.1.1 Perancangan Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa dengan Center Tap

Pada rangkaian ini terdapat 2 penyearah satu fasa dengan CT, dioda, regulator tegangan, kapasitor, resistor dan LED seperti yang tertera pada Gambar 2.



Gambar 2 Penyearah gelombang penuh satu fasa CT.

Rangkaian ini menghasilkan sumber tegangan DC 12V dan 18V. Tegangan 12 VDC berfungsi sebagai suplai untuk rangkaian mikrokontroler dan kipas DC sedangkan tegangan 18V berfungsi sebagai supply TLP350 dan ULN2003.

Tegangan DC didapatkan dari hasil penyearahan tegangan AC jala-jala yang sebelumnya diturunkan menggunakan trafo stepdown. Tegangan DC selanjutnya diteruskan ke IC Regulator LM7812 dan IC Regulator LM7818 agar didapat tegangan output 12V dan 18V. LED pada penyearah digunakan untuk indikator rangkaian penyearah bekerja.

2.1.2 Mikrokontroler ATmega8535

Sistem minimum mikrokontroler adalah sebuah rangkaian elektronika sederhana yang terdiri dari komponen-komponen dasar yang dibutuhkan oleh sebuah mikrokontroller agar IC mikrokontrooler ATmega8535 dapat berfungsi dengan baik. Komponen dasar yang dibutuhkan antara lain adalah rangkaian power supply, rangkaian sumber clock, dan rangkaian RESET.

Nilai frekuensi sinyal picu yang dapat dibangkitkan Timer0 pada mikrokontroler ATmega8535 dapat dihitung menggunakan persamaan (2)^[3]

$$f_{PWM} = \frac{f_{clk}}{N \times 256} \quad (2)$$

Dengan menggunakan nilai $Xtal$ 11059200Hz dan N (faktor prescaler) 1 didapat

$$f_{PWM} = \frac{11059200}{1 \times 256} = 43200Hz$$

Mikrokontroler ATmega8535 memiliki fitur ADC (Analog to Digital Converter) yang sudah tertanam/embedded dalam chip.

Perumusan data hasil konversi ADC dapat dilihat pada persamaan (3)^[4].

$$ADC = \frac{V_{in} \times 1024}{V_{reff}} \quad (3)$$

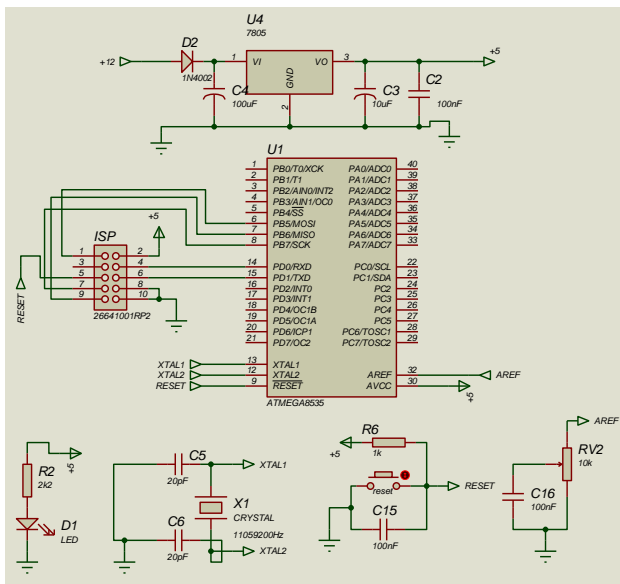
Resolusi ADC 10 bit yang dihasilkan dengan $V_{reff}=5$ volt dapat dilihat pada Persamaan (4)^[4]

$$Resolusi_ADC = \frac{1 \times V_{reff}}{2^{nbit}} \quad (4)$$

Bila menggunakan $V_{reff} = 2,55$ volt dan ADC 10bit maka resolusi ADC adalah sebagai berikut:

$$Resolusi_ADC = \frac{1 \times V_{reff}}{2^{nbit}} = \frac{1 \times 2,55}{2^{10}} = 2,5mV$$

Pembacaan ADC pada tugas akhir ini digunakan untuk pembacaan data analog dari sensor jarak GP2Y0A21YK0F tipe infrared produksi sharp. Prinsip kerja sensor GP2Y0A21YK0F adalah dengan memancarkan cahaya infra merah frekuensi 40kHz dan hasil pantulannya diterima oleh susunan detektor infra merah. Sudut pantulan sinar infra merah akan berubah sesuai jarak sensor dan obyek. Pada application note sensor GP2Y0A21YK0F didapat bahwa tegangan keluaran sensor (V_{out}) memiliki hubungan yang cukup linier dengan $1/(distance)$.

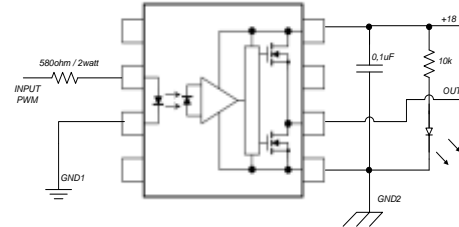


Gambar 3 Sistem minimum mikrokontroller ATmega8535

2.1.3 Rangkaian Driver Rangkaian TLP350

Rangkaian TLP 350 digunakan untuk mengisolasi dan menguatkan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) level tegangan 5volt yang dibangkitkan mikrokontroller

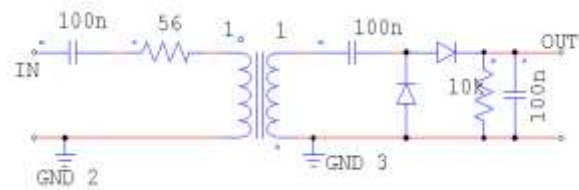
menjadi level tegangan yang lebih tinggi dengan sistem ground terpisah (level tegangan 18v) dan cukup untuk memicu MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor).[5]



Gambar 4 Rangkaian TLP350.[5]

Trafo Pulsa

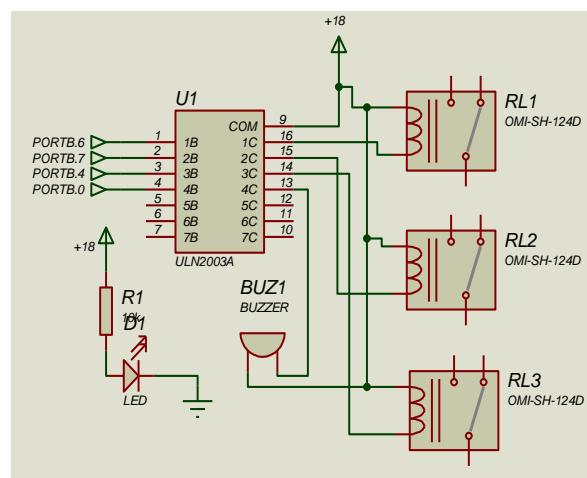
Transformator pulsa berfungsi untuk mengisolasi rangkaian kontrol (sinyal dari TLP350) terhadap rangkaian daya DC Chopper secara elektrik namun tetap terhubung secara magnetik. Trafo pulsa dapat mengurangi noise yang ditimbulkan akibat switching frekuensi tinggi pada rangkaian konverter DC-DC.



Gambar 5 Rangkaian Trafo pulsa.[7,8]

Rangkaian ULN2003

Tiap port output kaki mikrokontroller memiliki batasan arus 20mA dan tegangan 5V. Oleh karena itu diperlukan IC ULN2003 yang merupakan susunan transistor Darlington sehingga dapat menguatkan tegangan dan arus sinyal masukan[6].



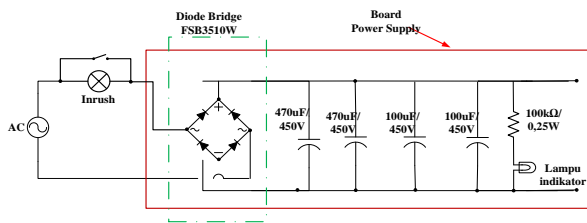
Gambar 6 Rangkaian ULN2003.

Gambar 6 memperlihatkan rangkaian ULN2003 menggunakan catu daya 18volt untuk IC ULN2003 sehingga level tegangan 5 volt dari mikrokontroller dapat dinaikkan hingga 18volt dengan arus maksimal 500mA. Tegangan dan arus pada level ini sudah cukup untuk menyangga sinyal kontrol ke relay dan buzzer 24VDC.

2.2 Perancangan Rangkaian Daya

2.2.1 Perancangan Penyearah Gelombang Penuh 1 Fasa Dioda Bridge

Rangkaian penyearah langsung dari PLN menggunakan dioda bridge dapat dihasilkan tegangan sebesar akar dua dari tegangan maksimum yaitu $311V_{DC}$.



Gambar 7 Rangkaian penyearah diode bridge.

Nilai kapasitor dapat dicari dengan mengasumsikan ripple sebesar 4% (12volt)

$$C = \frac{311 \times 0,02}{500 \times 12} = 1,037 \times 10^{-6} F = 1037 \mu F \quad (5)$$

Pada perancangan *power supply* ini digunakan kapasitor dengan nilai kapasitansi di atas $1037\mu F$, yaitu $1140\mu F$. Nilai tersebut didapat dengan menyusun 2 buah kapasitor $470\mu F/450V$ dan 2 buah $100\mu F/450V$ secara paralel 1 dengan yang lain

2.2.2 Buck Converter

DC Chopper yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *DC Chopper* tipe *buck* yang mempunyai karakteristik tegangan keluaran lebih kecil dari tegangan masukan.

Untuk pembuatan *Buck Converter* ini, penentuan spesifikasi awal dilakukan berdasarkan ketersediaan komponen yang mudah didapat dan kemampuan komponen berdasarkan datasheet. Spesifikasi *Buck Converter* yang akan dibuat adalah sebagai berikut :

- Tegangan masukan : 311 Vdc
- Tegangan keluaran : 220 Vdc
- Frekuensi *Switching* : 43,2 kHz
- Beban resistif (*Heater*) : 150Ω

1. Perhitungan Duty Cycle

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{220}{311} = 0,7 \quad (6)$$

2. Perhitungan arus output

$$I_{out} = \frac{V_{out}}{R} = \frac{220}{150} = 1,47 A \quad (7)$$

3. Perhitungan Nilai Induktor minimum^[9]

$$L_{min} = \frac{(1-D)R}{2f} = \frac{(1-0,7)150}{2(43200)} = 0,52mH \quad (8)$$

Pemilihan nilai induktor lebih besar dari L_{min} ($L_f > L_{min}$) agar *Buck Converter* bekerja pada mode kontinu /*Continuous Current Mode (CCM)*.

Sebelum menentukan nilai induktor, parameter lain yang harus dicari adalah menghitung ripple arus pada induktor. Ripple arus diasumsikan sebesar 10% dari arus keluaran konverter.

$$\Delta I_L = 10\% \times I_{out} \Rightarrow \Delta I_L = 0,1 \times 1,47 = 0,147 A \quad (9)$$

P

erancangan nilai Induktor untuk rangkaian buck adalah:^[10]

$$L_f = \frac{V_{in} D(1-D_o)}{f \Delta I_L} = \frac{311 \times 0,7(1-0,7)}{43200 \times 0,147} = 10,28 \times 10^{-3} H = 10,28mH \quad (10)$$

Proses dalam melilit induktor pada tugas akhir ini menggunakan metode coba-coba (*trial and error*) dan didapat induktansi sebesar $5,5mH$. Nilai ini berada di atas nilai minimum untuk masuk mode kontinu, dan masih bekerja dengan baik saat disimulasikan menggunakan PSIM.

4. Perhitungan Nilai Kapasitor

Ripple tegangan (asumsi 1%)

$$\Delta V_c = 1\% \times V_o = 1\% \times 220 = 2,2V \quad (11)$$

Nilai kapasitor yang digunakan.^[10]

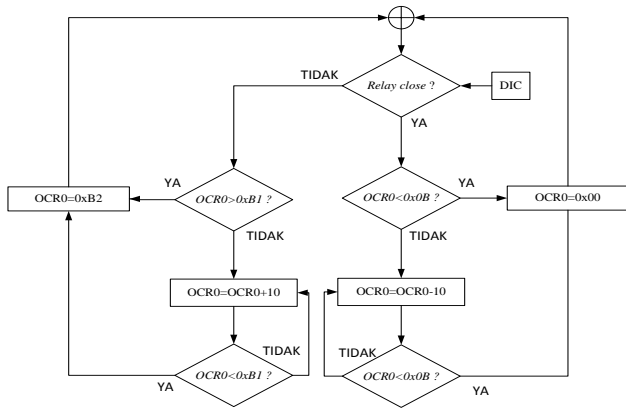
$$C_f = \frac{V_{in} D(1-D)}{8L_f f^2 \Delta V_c} \quad (12)$$

$$C_f = \frac{(311 \times 0,7)(1-0,7)}{8(10,28 \times 10^{-3})(43200)^2 (2,2)} = 0,19 \times 10^{-6} F = 0,19 \mu F$$

Kapasitor yang digunakan untuk perancangan buck converter ini mempunyai nilai di atas nilai perhitungan yaitu $3.3\mu F$. Nilai ini didapat dengan merangkai seri 3 buah kapasitor $1\mu F/450V$.

2.3 Perancangan Umpan Balik

Sistem umpan balik yang digunakan dalam perancangan sistem menggunakan karakteristik relay output dari DIC dengan keadaan output close / open tergantung pada respon kontrol PID yang diberikan.



Gambar 8 Diagram alir sistem umpan balik.

Gambar 8 merupakan proses kerja mikrokontroller dalam merespon proses umpan balik dari DIC (*Digital Indicating Controller*) agar dihasilkan gelombang untuk memicu MOSFET.

2.4 Heater dan Oven

Pemanas /heater yang digunakan adalah tipe pemanas air /water heater dengan kapasitas 500 W yang. Bahan penyusun pemanas ini adalah besi stainless dan elemen pemanas nikelin dengan resistansi terukur adalah 150Ω. Oven/ruangan pemanas didesain untuk proses ekstraksi biji kapuk, terbuat dari plastik akrilik berbentuk prisma segi empat dengan ukuran alas 20cmx20cm dan tinggi 35cm. Penambahan motor DC dengan poros pada sisi atas oven sebagai pengaduk selama proses ekstraksi berlangsung.

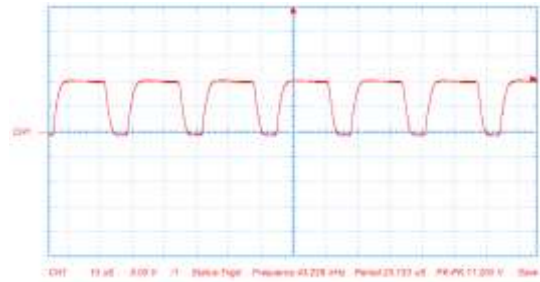
3. Hasil dan Analisa

3.1 Pengujian Buck Converter

Pengujian *Buck Converter* meliputi pengujian tegangan picu, tegangan keluaran dan perhitungan efisiensi.

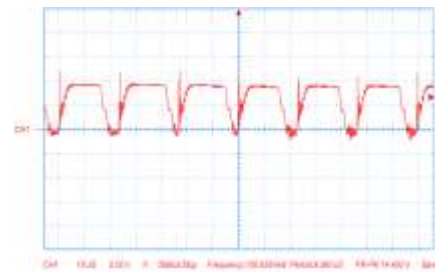
Pengujian Tegangan Picu

Pengujian tegangan picu dilakukan pada kaki GATE SOURCE yang diterima oleh parallel MOSFET seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Tegangan picu parallel MOSFET beban nol.

Tegangan *peak-to-peak* (V_{pp}) yang sampai pada kaki MOSFET adalah sebesar 11,2volt dari tegangan *peak-to-peak* picuan 18volt. Hal ini disebabkan karena drop tegangan pada trafo pulsa.



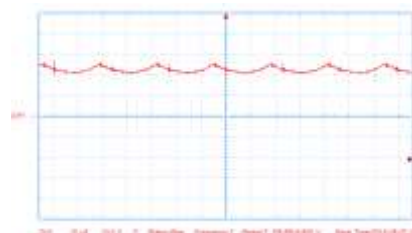
Gambar 10 Tegangan picu parallel MOSFET berbeban.

Gambar 9 adalah hasil pengujian tegangan picu MOSFET sebelum tersambung dengan konverter buck, sedangkan Gambar 10 merupakan hasil pengujian tegangan picu MOSFET setelah tersambung dengan konverter buck.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa gelombang pemuncian MOSFET setelah tersambung konverter memiliki bentuk yang mirip namun lebih kasar dibandingkan dengan saat sebelum tersambung konverter. Hal ini disebabkan karena timbulnya interferensi saat proses switching/pensaklaran frekuensi tinggi.

Pengujian Tegangan Keluaran

Pengujian tegangan keluaran dapat dilihat pada gambar 11, yang merupakan hasil pengujian tegangan keluaran *Buck Converter* pada duty cycle 70%.



Gambar 11 Gelombang output DC Chopper Buck

Dari Gambar 11 terlihat besarnya nilai tegangan keluaran *Buck Converter* pada duty cycle 70% yaitu 240volt (2,4div x 10V/div x probe scale 10) dan tegangan minimum 200volt (2div x 10V/div x probe scale 10). Untuk menghitung tegangan keluaran dari *Buck Converter* dapat dihitung dengan Persamaan (2.11):

$$V_o = V_{in} \times D \quad (17)$$

dimana:

V_o = tegangan keluaran (volt).

V_{in} = tegangan masukan (volt)

D = *duty cycle*

Data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1 Pengujian rangkaian *Buck Converter*

No	Duty Cycle (%)	V_{in} (V)	I_{in} (A)	V_o (V)	I_o (A)
1	20	308,4	0,3	94,2	0,68
2	30	305,5	0,49	127,4	0,92
3	40	302,5	0,65	150,1	1,1
4	50	300,6	0,88	178,7	1,3
5	60	298,7	1,17	208,3	1,52
6	70	295,1	1,5	237,3	1,72
7	80	294,3	1,81	259,5	1,92

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa pada tegangan keluaran lebih kecil daripada tegangan masukan dan arus keluaran lebih besar daripada arus masukan. Hal ini menunjukkan *DC Chopper* bekerja pada mode buck. Terlihat ketika nilai duty cycle semakin kecil maka tegangan keluaran juga semakin kecil.

Perhitungan Efisiensi *Buck Converter*

Berdasarkan tabel 1 dapat dicari efisiensi *Buck Converter* dengan cara menghitung daya masuk (P_{in}) dan daya keluaran (P_{out}) pada masing – masing percobaan, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (18)$$

Dimana:

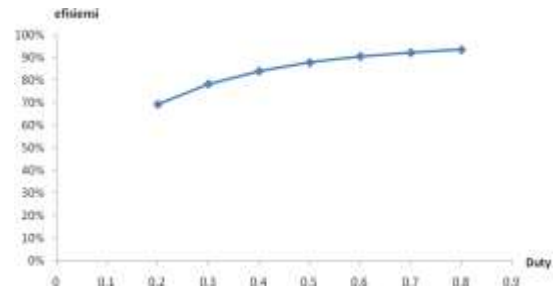
$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

Hasil perhitungan efisiensi untuk variasi *duty cycle* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Perhitungan efisiensi *Buck Converter*

Duty (%)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	Efisiensi (%)
20	92,5	64,06	63,23
30	149,7	117,21	78,30
40	196,63	165,11	83,97
50	264,53	232,31	90,60
60	349,48	316,65	92,21
70	442,65	408,24	93,53
80	532,68	498,24	93,53



Gambar 12 Grafik perbandingan duty cycle – efisiensi

Berdasarkan Gambar 12 terlihat bahwa efisiensi *Buck Converter* cukup tinggi dan efisiensi terbesar diraih ketika diterapkan duty 0,8 yaitu hingga 93,53%.

3.2 Pengujian Respon *Proportional Integral Derivative*



Gambar 13 Suhu termokopel yang terbaca DIC.

Pengujian respon suhu oven dengan kontrol PID yang didapat melalui *auto tuning* selama pemanasan dilakukan dengan variasi duty 70%, 75%, dan 80% masing-masing disajikan dalam Tabel 3, 4, dan 5. Variasi *duty cycle* dilakukan untuk melihat karakteristik pemanasan selama 60menit untuk mempertahankan suhu pada set pont 65⁰C. Pengujian dilakukan pada objek fluida air murni yang memiliki titik didih 100⁰C untuk melihat karakteristik umpan balik sistem.

Tabel 3 Respon suhu selama pemanasan dengan duty 0,7.

Menit ke-	°C	Menit ke-	°C	Menit ke-	°C
1	29,2	21	54,9	41	65,2
2	30,6	22	55,9	42	65,1
3	62,1	23	57,0	43	64,9
4	33,4	24	58,2	44	64,9
5	34,8	25	59,3	45	64,8
6	36,2	26	60,4	46	64,8
7	37,5	27	61,4	47	65,0
8	38,8	28	62,5	48	65,1
9	40,3	29	63,6	49	65,0
10	41,5	30	64,6	50	64,9
11	42,8	31	65,5	51	64,9
12	44,1	32	65,1	52	64,9
13	45,4	33	64,7	53	64,9
14	46,6	34	65,1	54	64,9
15	47,9	35	65,2	55	65,0
16	49,0	36	64,9	56	65,0
17	50,2	37	64,6	57	64,9
18	51,3	38	65,7	58	65,0
19	52,5	39	65,5	59	65,2
20	53,7	40	65,3	60	65,0

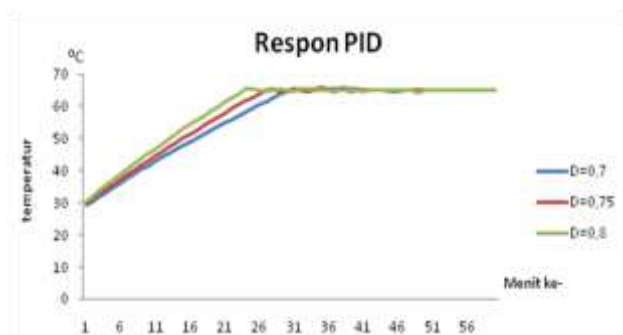
Tabel 4 Respon suhu selama pemanasan dengan duty 0,75.

Menit ke-	°C	Menit ke-	°C	Menit ke-	°C
1	29,6	21	57,8	41	64,9
2	31,3	22	59,2	42	64,9
3	32,8	23	60,5	43	65,1
4	34,3	24	61,6	44	65,1
5	35,8	25	62,7	45	65,1
6	37,3	26	63,9	46	64,9
7	38,7	27	65,1	47	65,1
8	40,2	28	65,3	48	65,0
9	41,6	29	64,8	49	65,1
10	43,0	30	64,7	50	65,0

Lanjutan Tabel 4					
Menit ke-	°C	Menit ke-	°C	Menit ke-	°C
11	44,5	31	65,5	51	64,9
12	45,9	32	64,9	52	65,1
13	47,2	33	64,6	53	65,0
14	48,7	34	65,5	54	65,0
15	50,0	35	65,9	55	64,9
16	51,4	36	65,4	56	65,0
17	52,7	37	65,5	57	64,9
18	54,0	38	65,3	58	65,1
19	55,3	39	64,8	59	65,0
20	56,6	40	65,1	60	65,0

Tabel 5 Respon suhu selama pemanasan dengan duty 0,8.

Menit ke-	°C	Menit ke-	°C	Menit ke-	°C
1	30,5	21	61,4	41	64,8
2	32,1	22	62,7	42	65,2
3	33,9	23	63,7	43	64,9
4	35,6	24	65,3	44	64,9
5	37,1	25	65,4	45	65,1
6	38,9	26	65,1	46	64,9
7	40,5	27	64,6	47	65,2
8	42,1	28	65,0	48	64,9
9	43,7	29	65,4	49	64,3
10	45,2	30	64,9	50	65,1
11	46,7	31	64,6	51	65,2
12	48,3	32	65,6	52	65,0
13	49,9	33	65,6	53	65,0
14	51,4	34	65,3	54	64,9
15	52,8	35	65,2	55	65,1
16	54,4	36	64,9	56	65,1
17	55,8	37	65,1	57	65,1
18	57,1	38	64,9	58	65,0
19	58,4	39	65,0	59	64,9
20	59,8	40	65,2	60	64,9



Gambar 14 Perbandingan respon pemanas duty 70%, 75%, dan 80%.

Perbandingan hasil pengujian dengan variasi duty cycle yang ditunjukkan Gambar 14 dapat dilihat bahwa semakin

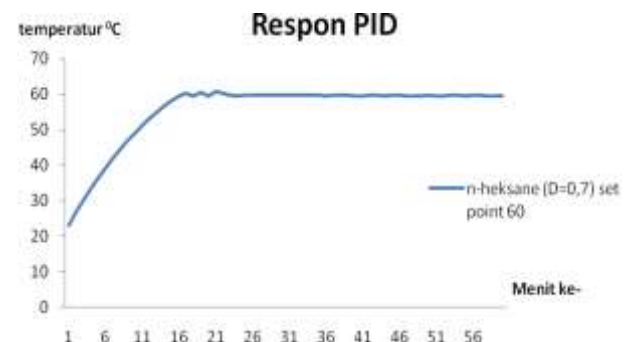
besar duty maka semakin cepat untuk sampai pada suhu set point (65°C). Waktu untuk mencapai set point (65°C) untuk masing-masing nilai *duty* yang digunakan adalah 30menit untuk *duty* 70%, 27 menit untuk *duty* 75%, dan 24 menit untuk *duty* 80%. Batasan maksimum *duty cycle* pada pengujian dipilih sebesar 80% karena jika menggunakan *duty* lebih dari 80% tegangan picu MOSFET akan semakin turun dibawah level 10V. Hal ini sangat beresiko menimbulkan rugi panas yang semakin besar pada MOSFET.

3.3 Pengujian Ekstraksi Biji Kapuk dengan Solven

Suhu maksimum sebesar $63,6^{\circ}\text{C}$ yang didapat dari pengujian pemanasan solven dan biji kapuk belum cukup untuk memberikan respon kontrol umpan balik yang diinginkan, oleh karena itu perlu dilakukan pengujian lebih lanjut dengan sedikit menurunkan nilai set point dari 65°C menjadi 60°C mengacu pada pengujian yang telah dilakukan. Hasil pengujian respon suhu pemanasan solven dengan *duty cycle* 0,7 dan *set point* baru yaitu 60°C ditunjukkan pada Tabel 6 dan Gambar 25.

Tabel Respon suhu selama pemanasan solven dengan *duty* 0,7 set point 60°C .

Menit ke-	°C	Menit ke-	°C	Menit ke-	°C
1	23,0	21	60,7	41	59,5
2	26,5	22	60,2	42	59,7
3	30,0	23	59,8	43	59,7
4	33,3	24	59,6	44	59,6
5	36,3	25	59,7	45	59,7
6	39,2	26	59,7	46	59,7
7	41,8	27	59,8	47	59,7
8	44,4	28	59,7	48	59,6
9	46,8	29	59,7	49	59,6
10	49,0	30	59,7	50	59,7
11	51,2	31	59,7	51	59,6
12	53,2	32	59,8	52	59,6
13	55,0	33	59,7	53	59,7
14	56,6	34	59,7	54	59,7
15	58,2	35	59,7	55	59,6
16	59,5	36	59,6	56	59,8
17	60,4	37	59,7	57	59,7
18	59,6	38	59,8	58	59,6
19	60,4	39	59,7	59	59,6
20	59,5	40	59,6	60	59,6



Gambar 15 Grafik pemanasan terhadap solven n-heksane dan serbuk kapuk set point 60°C .

Tabel 6 dan Gambar 15 menunjukkan respon pemanasan larutan n-heksane yang dicampur serbuk biji kapuk dengan duty 0,7 dan set point 600C. Parameter Kp, Ki, dan Kd yang diperoleh dari auto tuning masing-masing adalah 0,7; 54; dan 13. Meskipun starting suhu awal pada pengujian ini cukup rendah yaitu pada level 23⁰C, namun respon suhu pemanasan untuk mencapai set point (60⁰C) dengan duty 0,7 membutuhkan waktu cukup singkat yaitu sekitar 16 menit dan kemudian mendekati stabil hingga berhenti pada menit ke 60 sesuai perancangan awal.

4. Kesimpulan

Efisiensi dari konverter buck berbanding lurus terhadap duty cycle, dan efisiensi terbesar diraih ketika diterapkan duty 0,8 yaitu hingga 93,53%. Pengujian yang dilakukan dengan duty cycle 0,7 dan *set point* 60⁰C pada proses ekstraksi dengan volume solven n-heksane 3,6 liter dan massa serbuk biji kapuk 144gr didapat waktu untuk mencapai set point 60⁰C adalah 16 menit dan waktu total pemanasan hingga 60 menit sesuai rancangan awal. Parameter kontrol Kp, Ki, dan Kd yang diperoleh dari auto tuning masing-masing adalah 0,7; 54; dan 13.

Referensi

[1]. Melwita, Elda., Fatmawati & Oktaviani, Santy, (2014). *Ekstraksi Minyak Biji Kapuk dengan Metode Ekstraksi Soxhlet*. Universitas Sriwijaya.

- [2]. Texas Instruments Incorporated. (2014). *LM317 3-Terminal Adjustable Regulator*. (www.ti.com). Datasheet.
- [3]. Atmel Corporation. (2006) . *8-bit AVR Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash ATmega8535/8535L (8-bit Timer/Counter0 with PWM)*. (www.atmel.com). Datasheet.
- [4]. Atmel Corporation. (2006) . *8-bit AVR Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash ATmega8535/8535L (Analog to Digital Converter)*. (www.atmel.com). Datasheet.
- [5]. Toshiba Photocoupler GaAlAs IRED+Photo IC. Jan. (2006). *TLP350*, Sheet No: DIN-EN60747-5-2.
- [6]. Texas Instruments Incorporated. (2013). *High-Voltage, High-Current Darlington Transistor Arrays* . (www.ti.com). Datasheet.
- [7]. Wang, D., Dai, H. & Sun, Z. March (2013). *Design and Simulation of Gate Driver Circuit using Pulse Transformer*, International Journal of Computer Science Issues. Vol. 10, Issue 2, No. 2.
- [8]. Schlunder, F. (2001). *High Side MOSFET Gate Drive: The Power of Well Implemented Pulse Transformer*, Application Note 1.
- [9]. Rashid, M. (1988). *Power Electronics Circuit, Device, and Application 2nd*, Prentice-Hall International Inc.
- [10]. -----, Module 4: DC-DC Converter, *DC-DC Converter for EV and HEV Applications*, <http://www.nptel.ac.in/downloads/108103009/>
- [11]. Tiara, Ananta, & Yusifar, Feri, (2008). *Disain Rangkaian Snubber pada Sistem Power Switching Menggunakan MOSFET*. Universitas Indonesia.