

PROSES ELEKTROLISA PADA PROTOTIPE “KOMPOR AIR” DENGAN PENGATURAN ARUS DAN TEMPERATUR

Rusminto Tjatur W., Nurhayati, Supa'at

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS, Surabaya, Indonesia

Abstrak

Kompur air merupakan salah satu pengembangan dalam bidang energi alternatif hidrogen dengan memanfaatkan proses elektrolisa air. Proses elektrolisa air memisahkan molekul air menjadi gas hidrogen dan oksigen dengan cara mengalirkan arus listrik ke elektrolit (larutan air dan katalis NaCl) melalui elektroda Aluminium. Gas hidrogen dan oksigen dijadikan bahan bakar bagi “Kompur Air” untuk menyalakan api.

Elektroliser dirancang menggunakan 6 tabung. Larutan maksimal setiap tabung, 500mL air dan katalis NaCl 6 gram. Kestabilan proses elektrolisa diatur berdasarkan arus yang mengalir dan temperatur pada proses tersebut. Rangkaian kontrol arus menggunakan MOSFET IRFZ44 sebagai pensaklar daya, dimana data akan diolah oleh mikrokontroler Atmega16, dan DAC MAX518 sebagai pengkonversi data digital menjadi analog. Rangkaian sensor arus memanfaatkan resistor 0.1 Ohm dan operational-amplifier untuk mendeteksi arus pada elektroliser. Temperatur elektroliser (tempat berlangsungnya elektrolisa) dideteksi oleh sensor DS18S20.

Kompur air dapat menyalakan api dengan arus maksimal 16A (3 tabung dihubung seri dengan arus maksimal 8A) dan setting point temperatur sebesar 30 °C. Konsumsi daya 202.4 Watt dapat mendidihkan air 500 mL dalam waktu 23 menit 12 detik.

Kata kunci: Kompur, air, mikrokontroler, arus, temperatur.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kompur merupakan salah satu peralatan rumah tangga dengan bahan bakar berasal dari minyak perut bumi atau pun dari gas alam yang diolah menjadi LPG. Banyak kendala yang dihadapi untuk penyediaan bahan bakar tersebut. Selain bahan bakar tersebut sudah mulai langka, pengolahan minyak bumi dan gas alam juga memerlukan proses pengolahan yang cukup kompleks dan biaya yang cukup mahal untuk dapat dijadikan bahan bakar siap pakai. Ditambah lagi penggunaan tabung bertekanan tinggi pada kompor gas untuk menyimpan gas LPG memiliki resiko tinggi terjadi ledakan apabila terjadi kebocoran pada tabung. Oleh karena itu, dibutuhkan kompor yang dapat memberikan kemudahan dan keamanan bagi pengguna, sehingga pengguna kompor merasa nyaman saat mengoperasikan kompor.

Kompur air merupakan pengembangan aplikasi dari sumber energi alternatif hidrogen, dibantu gas oksigen. Gas hidrogen dan oksigen (dikenal dengan gas HHO) dijadikan bahan bakar kompor air, dihasilkan

melalui proses elektrolisa (peristiwa memisahkan molekul air menjadi hidrogen dan oksigen dengan cara memberikan arus listrik) pada elektroliser (alat tempat berlangsungnya proses elektrolisa). Kompur air tidak membutuhkan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi atau pun gas alam, yang dibutuhkan sebagai bahan dasar adalah air dan sumber listrik serta elektroda, sehingga mudah didapatkan.

Sumber arus yang besar dan katalis NaCl (*Natrium Clorida*) yang dilarutkan dalam air untuk mempercepat reaksi, serta temperatur yang tinggi dapat meningkatkan jumlah produksi hidrogen dan oksigen. Namun, arus yang terlalu besar, penggunaan katalis NaCl dan temperatur yang terlalu tinggi dapat menimbulkan panas dan meningkatkan suhu ruang elektroliser dan hal ini berdampak negatif pada tabung elektroliser.

Berdasarkan penjelasan paragraf diatas, dibutuhkan unit pengaturan berupa kontrol arus dan temperatur pada elektroliser untuk mencegah terjadinya ledakan, karena hidrogen merupakan gas yang mudah meledak apabila bercampur dengan gas oksigen dan terkena nyala api. Dengan adanya pengontrolan arus dan temperatur serta konstruksi yang tepat akan menjadikan kompor air lebih aman dan mudah untuk dioperasikan oleh pengguna.

1.2 Tujuan

1. Membuktikan bahwa salah satu sumber energi alternatif hidrogen dapat diaplikasikan menjadi kompor air.
2. Membuat elektroliser untuk memproduksi hidrogen dan oksigen.
3. Menerapkan kontrol arus dan temperatur untuk menjaga kestabilan proses.
4. Mengetahui kemampuan “Kompur Air” untuk dibandingkan dengan kompor jenis lain.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana desain konstruksi elektroliser (alat untuk memproduksi gas hidrogen dan oksigen)
2. Bagaimana cara menerapkan kontrol arus dan temperatur pada elektroliser untuk menjaga kestabilan proses.
3. Bagaimana kelayakan “Kompur Air” untuk diterakan dalam kehidupan sehari-hari.

1.4 Batasan Permasalahan

Pembahasan masalah harus dibatasi pada hal-hal yang khusus antara lain:

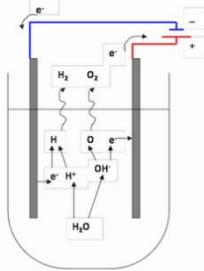
1. Elektroliser hanya memuat 6 tabung, dengan jumlah maksimum air pada tiap tabung adalah 500 mL.
2. Sumber arus maksimal yang digunakan pada elektroliser 16A (8A untuk 3 tabung dihubung seri).
3. Daya yang digunakan sebesar ± 200 watt.

4. Temperatur maksimum elektroliser 30 °C.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Elektrolisa

Elektrolisa merupakan proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia [1]. Proses elektrolisa memisahkan molekul air menjadi gas hidrogen dan oksigen dengan cara mengalirkan arus listrik ke elektroda tempat larutan elektrolit (air+katalis) berada. Reaksi elektrolisa tergolong reaksi redoks tidak spontan, reaksi itu dapat berlangsung karena pengaruh energi listrik. Proses ini ditemukan oleh Faraday tahun 1820. Pergerakan elektron pada proses elektrolisa dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Elektrolisa Air [2]

Persamaan kimia elektrolisa air adalah sebagai berikut:
energi (listrik) + 2 H₂O → O₂ + 2 H₂ (2.1)

Terjadi tekanan listrik pada elektroda negatif (katoda) untuk mendorong elektron ke dalam air dan pada anoda (elektroda positif) terjadi penyerapan elektron. Molekul air dekat katoda terbagi menjadi ion hidrogen positif (H⁺) dan ion hidroksida (OH⁻).



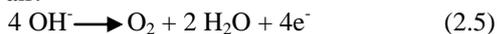
H⁺ merupakan proton terbuka, bebas untuk menangkap elektron e⁻ dari katoda, kemudian menjadi atom hidrogen biasa dan netral.



Atom hidrogen ini berkumpul dengan atom hidrogen lain dan membentuk molekul gas dalam bentuk gelembung dan kemudian naik ke permukaan.



Elektroda positif telah menyebabkan ion hidroksida (OH⁻) untuk bergerak ke anoda. Ketika mencapai anoda, anoda melepas kelebihan elektron yang diambil oleh hidroksida dari atom hidrogen sebelumnya, kemudian ion hidroksida bergabung dengan molekul hidroksida yang lain dan membentuk 1 molekul oksigen dan 2 molekul air:



Molekul oksigen ini sangat stabil dan kemudian gelembungnya naik ke permukaan. Demikian seterusnya dan terjadi pengulangan proses.

Reaksi-reaksi di katoda (reduksi) hanya bergantung pada jenis kation dalam larutan. Jika kation berasal dari logam dengan potensial elektrode lebih kecil/rendah maka air yang akan tereduksi.

2.2 Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam. Elektroda dalam sel elektrolisa disebut sebagai anoda

dan katoda. Anoda didefinisikan sebagai elektroda positif dimana elektron datang dari sel elektrolisa dan oksidasi terjadi, sedangkan katoda didefinisikan sebagai elektroda negatif dimana elektron memasuki sel elektrolisa dan reduksi terjadi.

Salah satu elektroda yang digunakan adalah Aluminium. Penggunaan aluminium (Al) sebagai elektroda dikarenakan Al merupakan logam aktif yang memiliki potensial elektroda lebih negatif dari pada air (E Al = -1,66 dan E H₂O = - 0,83) dengan demikian air yang akan bereaksi [3].

2.3 Elektrolit

Elektrolit merupakan gabungan antara air dan katalis. Katalis merupakan suatu zat yang dapat mempercepat suatu laju reaksi, namun ia sendiri secara kimiawi, tidak berubah pada akhir reaksi [4]. Katalis digunakan untuk mempercepat laju reaksi menghasilkan gas HHO pada proses elektrolisa. Katalis yang digunakan adalah natrium klorida (NaCl). NaCl sebanyak 6 gr dilarutkan kedalam 500 mL air. Penggunaan natrium klorida dikarenakan natrium memiliki potensial elektrode standar yang lebih negatif dari pada air dengan demikian natrium tidak akan bereaksi namun air yang akan bereaksi. Selain itu, natrium klorida juga mudah didapat. Potensial elektrode standar Natrium (Na) adalah -2,71 dan air (H₂O) adalah -0,83.

2.4 Kompor Air

Kompor air merupakan kompor dengan bahan bakar berupa hidrogen dan oksigen yang berasal dari air. Kombinasi gas hidrogen dan oksigen dalam bentuk gas dinamakan gas HHO [5]. Unsur HHO dapat diperoleh melalui elektrolisa air, dimana partikel/molekul air akan terpisah menjadi 2 H untuk hidrogen dan 1 O untuk oksigen.

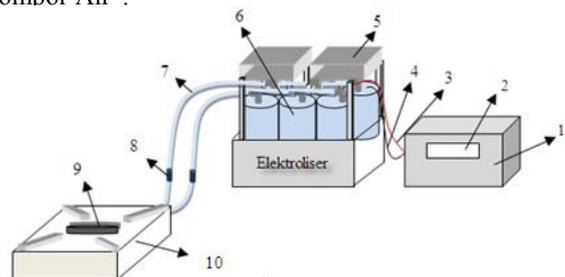
Pemecahan molekul air menjadi hidrogen dan oksigen menggunakan prinsip kerja proses elektrolisa. Kompor air dilengkapi dengan dua tabung yang telah diisi air. Air tersebut dicampur bahan kimia dan diberi arus listrik, sehingga air menjadi gas hidrogen dan oksigen kemudian dikeluarkan lewat selang. Ujung selang diberi sumbu dari besi. Sehingga memancar gas dan menyala api [6].

3. Eksperimen, Hasil dan Analisa

3.1 Eksperimen

3.1.1 Desain Konstruksi “Kompor Air”

Gambar 3.1 menunjukkan desain konstruksi “Kompor Air”.



Gambar 3.1 Konstruksi “Kompor Air”

Keterangan:

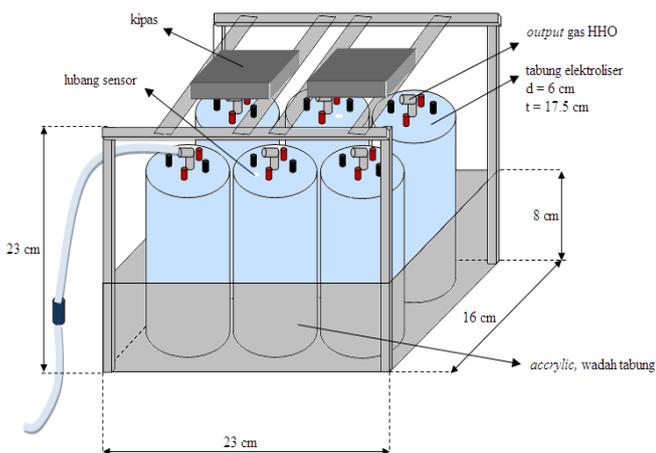
1. Kotak Kontrol
2. LCD
3. Kabel Elektroda Positif
4. Kabel Elektroda Negatif
5. Kipas
6. Tabung Elektroliser
7. Selang Vakum
8. Valve searah
9. Burner Kompor
10. Kompor

Elektroliser terbuat dari 6 tabung plastik berdiameter 6 cm pada bagian atas, berdiameter 7 cm pada bagian bawah dan tinggi 17.5 cm. Keenam tabung tersebut ditempatkan di *acrylic* dengan tebal 5mm, panjang 23 cm, lebar 16 cm, dan tinggi 8 cm. Setiap tabung dapat menampung kapasitas air maksimal 500mL. Untuk 500 mL air, dicampur dengan 6 gram katalis NaCl. Perancangan ini bertujuan untuk menghasilkan gas HHO yang lebih banyak (*multi cell*).

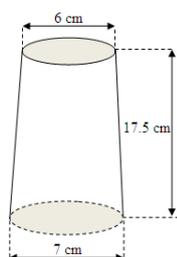
Bagian atas setiap tabung diberi 5 lubang. Lubang 1 berukuran 0.5 cm berada di tengah sekat sebagai lubang tempat keluarnya gas HHO dan 4 lubang lainnya berukuran 0.3 cm sebagai tempat melekatkan elektroda yang diletakkan di dalam elektroliser (2 lubang untuk melekatkan katoda dan 2 lubang untuk melekatkan anoda) agar dapat disambungkan ke sumber tegangan..

Dua dari enam tabung tersebut dilengkapi sensor temperatur (DS18S20) untuk mendeteksi temperatur air pada tabung elektroliser karena proses elektrolisa untuk menghasilkan gas HHO akan memproduksi sejumlah panas dan apabila panas yang dihasilkan terlalu tinggi dapat mengurangi efisiensi proses tersebut dan dapat mengakibatkan rusak/melelehnya tabung elektroliser. Dua buah kipas berukuran 8x8 cm diletakkan pada bagian atas tabung dan akan aktif ketika temperatur air pada tabung elektroliser lebih besar dari temperatur *setting point*.

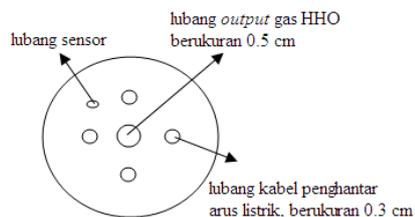
Selang vakum sebagai tempat penyalur gas HHO dilengkapi dengan katup searah agar gas HHO tidak kembali ke elektroliser, sehingga meminimalisir terjadinya ledakan. Desain elektroliser dapat dilihat pada gambar 3.2, gambar 3.3 dan gambar 3.4.



Gambar 3.2 Elektroliser



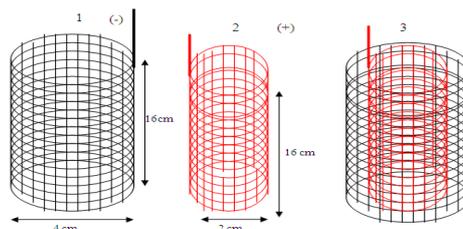
Gambar 3.3 Tabung Elektroliser



Gambar 3.4 Tutup Tabung Elektroliser (Lubang sensor hanya terdapat pada 2 tutup saja)

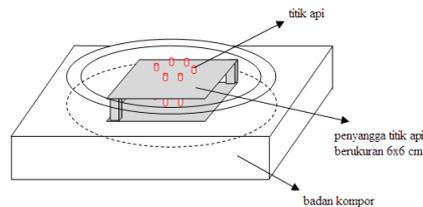
Sensor temperatur hanya terdapat pada 2 tabung saja. Hal ini berdasarkan hasil percobaan saat semua tabung diberi sensor temperatur kemudian diolah oleh mikrokontroler, menunjukkan temperatur yang hampir sama. Sehingga sensor temperatur yang digunakan hanya pada dua tabung saja.

Elektroda terbuat dari jaring-jaring aluminium. Katoda berdiameter 4 cm dan tinggi 16 cm, sedangkan anoda memiliki diameter yang lebih kecil yaitu 2 cm. Desain elektroda pada “Kompur Air” dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Elektroda 1. Kutub Katoda, 2. Kutub Anoda, 3. Elektroda Dirangkai Jadi Satu

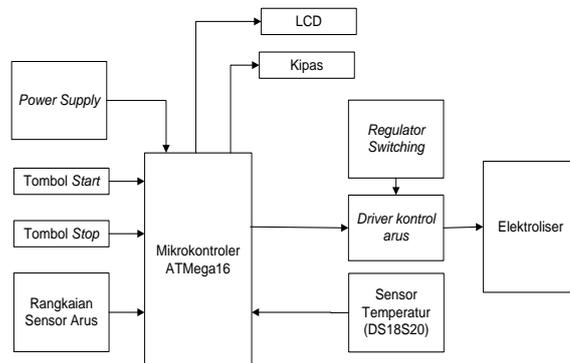
Terdapat 6 titik api pada *burner* kompor, sebagai tempat menyala api. Setiap titik api berasal dari satu tabung elektroliser. Perancangan *burner* kompor ditunjukkan oleh gambar 3.6.



Gambar 3.6 Burner Kompur HHO

3.1.2 Desain Elektrik “Kompur Air”

Blok diagram alat “Proses Elektrolisa pada Prototipe ‘Kompur Air’ dengan Pengaturan Arus dan Temperatur” dapat dilihat pada gambar 3.7.



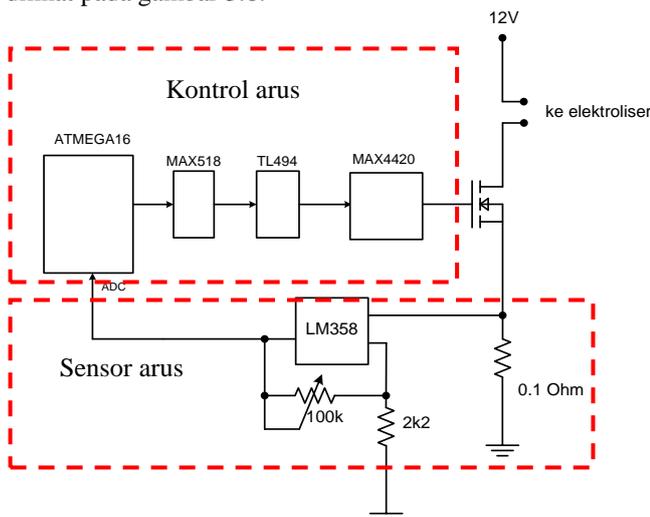
Gambar 3.7 Blok Diagram Alat “Kompor Air“

Berdasarkan blok diagram di atas dapat dijelaskan sistem kerja dari “Kompor Air” sebagai berikut:

1. Tombol *Start* mengindikasikan proses dimulai
2. *Power Supply* akan mensupply tegangan DC ke mikrokontroler dan IC (*integrated circuit*) yang digunakan pada proyek ini. Sedangkan *Regulator switching* akan mensupply tegangan DC ke elektroliser.
3. Rangkaian kontrol arus akan mengontrol besar arus pada elektroliser dan sensor arus akan mendeteksi besarnya arus pada elektroliser. Sedangkan besar temperatur pada elektroliser akan dideteksi oleh sensor temperatur.
4. Besar arus pada pada elektroliser berada pada rentang 0A – 8A, *driver* kontrol arus difungsikan untuk mengatur besar kecil nilai arus pada elektroliser. Sedangkan untuk temperatur akan diatur pada temperatur 30 °C.
5. Mikrokontroler merupakan pusat pegontrol seluruh sistem yang ada pada elektroliser (pengaturan arus dan temperatur) untuk menghasilkan nyala api pada ”Kompor Air”.
6. LCD digunakan untuk menampilkan parameter-parameter berupa arus dan temperatur pada elektroliser saat proses elektrolisa berlangsung.
7. Kipas digunakan untuk menurunkan temperatur tabung elektroliser apabila terjadi peningkatan temperatur yang berlebih (> *setting point*).
8. Ketika tombol *stop* aktif, maka proses elektrolisa berakhir/berhenti, ditandai dengan padamnya nyala api.

3.1.2.1 Rangkaian Sensor Arus dan Kontrol Arus

Rangkaian sensor arus dan kontrol arus dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Blok Diagram Kontrol Arus dan Sensor Arus

Arus yang digunakan pada elektroliser sebesar 16 Ampere (8 A untuk 3 tabung yang disusun seri, terdapat 6 tabung elektroliser) dan tegangan sebesar 12 Vdc.

Setting point temperatur maksimum pada tabung elektroliser sebesar 30 °C.

Pemilihan parameter arus dikarenakan faktor energi yang terbuang dan pemilihan temperatur 30 °C berdasarkan hasil percobaan. Apabila pada tabung elektroliser terjadi panas yang terlalu tinggi dapat merusak konstruksi dari tabung elektroliser, berupa lelehan.

Jumlah energi yang digunakan pada proses elektrolisa dihitung menggunakan persamaan 3.1 dan jumlah energi yang terbuang menggunakan persamaan 3.3 serta untuk mencari persentase energi yang hilang, gunakan persamaan 3.4.

$$E = V.I.t \tag{3.1}$$

$$\Delta T = T_f - T_s \tag{3.2}$$

$$H_{lost} = \Delta T - V_f \tag{3.3}$$

$$\% \text{ lost} = \frac{H_{lost}}{E} \times 100\% \tag{3.4}$$

dimana: 1kWh = 860.000 kalori.

Keterangan:

ΔT = Perubahan temperatur (°C)

H_{lost} = Energi terbuang (kalori)

T_f = Temperatur akhir (°C)

V_f = Volume air (cm³)

T_s = Temperatur awal (°C)

I = Arus listrik (ampere)

V = Tegangan (Volt)

t = Waktu (hours)

E = Energi yang digunakan (watt-hours)

$\% \text{ lost}$ = Persentase energi yang terbuang

Tabel 3.1 menunjukkan hasil perhitungan persentase energi yang terbuang dan tabel 3.2 menunjukkan energi yang digunakan pada penggunaan arus tertentu serta persentase energi yang terbuang.

Tabel 3.1 Energi yang terbuang

No.	Temp. awal (°C)	Temp. akhir (°C)	Volum air (cc)	Energi yang terbuang (kalori)
1	26	100	500	-426

Tabel 3.2 Energi yang digunakan dan persentase energi yang hilang

No.	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	waktu (jam)	Energi yang digunakan (watt jam)	Persentase energi yang terbuang (%)
1	12	1	1	12	-4.127906977
2	12	2	1	24	-2.063953488
3	12	3	1	36	-1.375968992
4	12	4	1	48	-1.031976744
5	12	5	1	60	-0.825581395
6	12	6	1	72	-0.687984496
7	12	7	1	84	-0.589700997
8	12	8	1	96	-0.515988372
9	12	9	1	108	-0.458656331
10	12	10	1	120	-0.412790698

NB: Tanda minus (-) menunjukkan energi yang terbuang.

Berdasarkan tabel 3.2 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi arus yang digunakan maka energi yang terbuang akan semakin kecil. Namun, pada proyek ini, tabung elektroliser yang digunakan terbuat dari plastik,

apabila arus yang digunakan terlalu besar, hal tersebut dapat merusak tabung elektroliser.

Terdapat 6 tabung elektroliser pada proyek ini. Dimana setelah dilakukan pengukuran, setiap tabung memiliki tahanan $\pm 0.5\Omega$. Untuk mendapatkan arus 8A (sesuai perancangan) dengan tegangan input 12V, maka tabung tersebut dihubungkan seri sebanyak 3 tabung. Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } R1 &= R2 = R3 = 0.5 \Omega \\ R_{\text{seri}} &= R1 + R2 + R3 = 1.5 \Omega \\ V_{\text{input}} &= 12V \end{aligned}$$

Ditanya: Berapa arus yang mengalir?

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} V &= I \cdot R \\ (2.10) \\ I &= \frac{V}{R} \\ I &= \frac{12V}{1.5\Omega} \\ I &= 8 \text{ Ampere} \end{aligned} \quad (2.11)$$

Resistor 0.1 Ohm digunakan sebagai pendeteksi arus yang mengalir pada elektroliser. Pemilihan resistor sebesar 0.1 Ohm dimaksudkan untuk menghindari rugi daya yang tinggi. Perhitungan rugi daya tersebut adalah sebagai berikut:

$$P = I^2 \times R = 8^2 \times 0.1 \text{ Ohm} = 6.4 \text{ watt.}$$

Oleh karena itu resistor yang digunakan sebesar 0.1 Ohm dengan daya 10 watt.

Op-Amp LM358 digunakan sebagai penguat tegangan pada resistor 0.1 ohm. Oleh karena, tegangan pada resistor tersebut bernilai kecil (lebih kecil dari 5V), dan mikrokontroler tidak dapat memproses apabila tegangan yang masuk ke ADC lebih kecil dari 5V.

Perhitungan penguatan pada op-amp LM358 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} (I_{\text{input}} &= 8 \text{ ampere}) \\ \text{Tegangan pada resistor } 0.1 \text{ ohm} &= I \times R \\ &= 8 \times 0.1 = 0.8 \text{ volt} \end{aligned}$$

Tegangan ini harus dikuatkan menjadi 5V, sehingga membutuhkan penguatan sebesar:

$$\text{Penguatan} = \frac{5}{0.8} = 6.25 \text{ kali}$$

Untuk mendapatkan penguatan sebesar 6.25 kali, dipilih R13 dan R7 sebesar 2,2 ohm serta VR1 dan VR2 sebesar 100 k Ω . Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Penguatan maksimum} = \frac{VR1}{R7} + 1 = \frac{100k}{2200} + 1 = 46.45 \text{ kali.}$$

Nilai VR1 atau VR2 diatur untuk mendapatkan penguatan seperti yang diinginkan.

Pengontrolan arus dilakukan oleh mikrokontroler Atmega16 dengan menerima input dari sensor arus berupa data analog (tegangan 0V sampai dengan 5V) dan mengubahnya menjadi data digital dengan memanfaatkan ADC pada mikrokontroler. Output mikrokontroler berupa data digital akan diubah oleh MAX518 menjadi data analog (0.1V - 3.5V) karena TL494 merupakan pembangkit sinyal PWM yang tidak

dapat memproses sinyal digital. Sinyal output DAC MAX518 tersebut akan dibandingkan dengan sinyal gigi gergaji yang terdapat pada IC TL494 sehingga menimbulkan sinyal PWM.

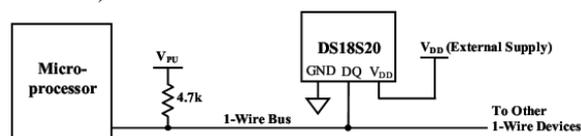
Output dari IC TL494 ini akan diberikan ke driver MOSFET MAX4420 dan diteruskan ke gate MOSFET. Fungsi dari driver MOSFET MAX4420 adalah untuk memperbaiki sinyal PWM sehingga mengurangi disipasi daya pada MOSFET.

3.1.2.2 Rangkaian Sensor Temperatur

Proses elektrolisa air selain menghasilkan gas HHO sebagai bahan bakar juga akan menghasilkan sejumlah panas yang dapat mempengaruhi proses tersebut. Oleh karena itu diperlukan perancangan terhadap parameter temperatur pada elektroliser sebagai berikut:

1. Temperatur yang dibaca oleh sensor temperatur DS18S20 akan diproses oleh mikrokontroler ATmega16 menggunakan pengontrolan on-off.
2. Apabila temperatur elektroliser melebihi temperatur setting point ($>30^\circ\text{C}$), Atmega16 akan memerintahkan kipas untuk aktif.
3. Apabila temperatur elektroliser bernilai dibawah temperatur setting point ($<30^\circ\text{C}$), Atmega16 akan memerintahkan kipas untuk tidak aktif.

Pengaturan setting point pada nilai 30°C berdasarkan hasil percobaan, ketika temperatur elektroliser berada pada setting point 100°C dan 50°C , menyebabkan tabung elektroliser meleleh. Ketika temperatur diatur pada setting point 30°C , tabung elektroliser dalam kondisi baik. Rangkaian skematik sensor temperatur dirancang sebagai berikut (lihat gambar 3.9):



Gambar 3.9 Skematik rangkaian sensor temperatur

3.2 Hasil dan Analisa

3.2.1 Nyala Api “Kompore Air” Berdasarkan Arus

Berdasarkan hasil uji coba, nyala api “Kompore Air” akan berbeda tergantung dari besar arus yang digunakan. Semakin besar arus yang digunakan maka api akan semakin besar. Hal ini terbukti dengan menggunakan persamaan Hukum Faraday, dimana semakin besar arus yang digunakan maka jumlah gas HHO yang dihasilkan akan semakin banyak. Sehingga, apabila arus yang digunakan besar, maka nyala api akan besar, begitu pula sebaliknya.

Perhitungan hukum Faraday sebagai berikut:

$$W = E \times F \quad (4.1)$$

$$E = \frac{Ar \text{ atau } Mr}{n} \quad (4.2)$$

$$F = \frac{I \times t}{96.500} \quad (4.3)$$

Sehingga:

$$W = \frac{Ar \cdot I \cdot t}{n \cdot 96500}$$

(4.4)

Keterangan:

- W = berat zat hasil elektrolisis
 - E = Massa ekuivalen zat elektrolisis
 - F = Jumlah arus listrik
 - Ar = Massa atom relatif
 - Mr = Massa molekul relatif
 - n = jumlah elektron yang terlibat
 - i = arus (ampere)
 - t = waktu (detik)
- 96500 Coulomb adalah konstanta Faraday

Reaksi pada katoda (Ar H=1, jumlah elektron yang terlibat = 1): $H^+ + e^- \rightarrow H$

Reaksi pada anoda (Ar O=16, jumlah elektron yang terlibat = 4): $4 OH^- \rightarrow O_2 + 2 H_2O + 4e^-$

Reaksi utuh elektrolisa adalah:



Sehingga, Jumlah gas HHO = (1 x jlh. gas oksigen) + (2 x jlh. gas hidrogen)

- Bila diketahui :
- Ar H=1, Ar O=16
 - t1 = 24 menit =1440 detik
 - I1 = 5 Ampere
 - I2 = 1 Ampere

Ditanya : massa gas HHO yang dihasilkan pada I1 dan I2?

Penyelesaian :

a. Massa gas HHO pada I1

Reaksi pada katoda (massa hidrogen):

$$W = \frac{Ar \cdot I \cdot t}{n \cdot 96500} = \frac{(1) \cdot (5) \cdot 1440}{1 \cdot (96500)} = 0.014922 \text{ gram}$$

Reaksi pada anoda (massa oksigen):

$$W = \frac{Ar \cdot I \cdot t}{n \cdot 96500} = \frac{(34) \cdot (5) \cdot 1440}{4 \cdot (96500)} = 0.126839 \text{ gram}$$

$$\text{Jlh. Gas HHO} = (2 \times 0.014922) + (1 \times 0.126839) = 0.156684 \text{ gram}$$

b. Massa gas HHO pada I2

Reaksi pada katoda (massa hidrogen):

$$W = \frac{Ar \cdot I \cdot t}{n \cdot 96500} = \frac{(1) \cdot (1) \cdot 1440}{1 \cdot (96500)} = 0.014922 \text{ gram}$$

Reaksi pada anoda (massa oksigen):

$$W = \frac{Ar \cdot I \cdot t}{n \cdot 96500} = \frac{(34) \cdot (1) \cdot 1440}{4 \cdot (96500)} = 0.126839 \text{ gram}$$

$$\text{Jlh. Gas HHO} = (2 \times 0.014922) + (1 \times 0.126839) = 0.156684 \text{ gram}$$

Jadi, jumlah gas HHO akan semakin banyak bila arus semakin besar. Sehingga arus yang besar akan menghasilkan nyala api yang besar pula. Namun pada proyek ini arus maksimal adalah 16 A (8 A pada 3 tabung disusun seri) dikarenakan kondisi konstruksi yang terbuat dari plastik akan meleleh bila terjadi panas yang berlebih akibat dari penggunaan arus yang terlalu tinggi.

3.2.2 Harga/Biaya Menggunakan “Kompom Air”

Tabel 3.3 menunjukkan biaya produksi untuk membuat “Kompom Air” pada proyek ini.

Tabel 3.3 Biaya Produksi “Kompom Air”

Biaya Produksi		
Elektrik		
Power Supply		Rp. 80.000
Regulator Swiching	(@Rp. 70.000 x 2 unit)	Rp. 140.000
Sistem minimum Atmega16		Rp. 100.000
Komponen pelengkap		Rp. 50.000
Komponen sensor arus	(@Rp. 75.000 x 1 unit)	Rp. 75.000
Trafo		Rp. 50.000
Mekanik		
Tabung elektroliser	(@Rp. 8000 x 6 tabung)	Rp. 48.000
Selang Vakum	(@Rp. 12.000 x 4 meter)	Rp. 48.000
Aluminium	(@Rp. 10.000 x 2 meter)	Rp. 20.000
Accrylic		Rp. 100.000
Kipas	(@Rp. 12.000 x 2 kipas)	Rp. 24.000
Pipa L	(@Rp. 250 x 12 pipa L)	Rp. 3.000
Bahan		
NaCl proanalitis		Rp. 2.000
Total Biaya Produksi		Rp. 740.000

Tabel 3.4 menunjukkan biaya listrik yang harus dibayar untuk memasak air sebanyak 500mL menggunakan “Kompom Air”

Tabel 3.4 Biaya Listrik “Kompom Air” Memasak 500mL Air

Biaya Listrik	
Sumber listrik yang digunakan	
Tegangan	230 Volt
Arus	0.88 Ampere
Daya	202.4 Watt
Waktu Pemakaian untuk memasak 500mL air	23 menit
Perhitungan biaya listrik	
Harga per KWH	Rp. 650,-
Biaya listrik yang harus dibayar	
Biaya Listrik per jam	Rp. 131.56,-
Biaya Listrik selama 23 menit	Rp. 50.43,-

Tabel 3.5 menunjukkan durasi yang dibutuhkan untuk memasak 500 mL air pada beberapa jenis kompor.

Tabel 3.5 Durasi Memasak Air 500 mL pada Tiap Kompom

No.	Jenis Kompom	Jumlah air yang dimasak	Waktu Pendidihan	Keterangan
1	Kompom Gas 	500 mL	00.04.35	
2	Kompom Minyak 	500 mL	00.07.42	
3	Kompom Listrik 	500 mL	00.11.23	Daya : 300 Watt
4	Kompom Air 	500 mL	00.23.12	Daya : 202.4 Watt

Dibutuhkan waktu ± 23 menit dengan harga Rp. 50.43,- dan daya sebesar 202.4 watt menggunakan “Kompom Air” untuk mendidihkan 500 mL air. Waktu tersebut merupakan yang paling lama dibandingkan dengan jenis kompor yang lain. Namun, untuk konsumsi daya “Kompom Air” lebih kecil dibandingkan dengan kompor listrik.

4. Kesimpulan

1. Gas hidrogen dan oksigen dihasilkan melalui proses elektrolisa air dengan menggunakan konstruksi yang terbuat dari plastik untuk menghindari terjadinya pecahan akibat panas yang dihasilkan saat elektrolisa berlangsung. Elektroda dipilih dari bahan Aluminium dan katalis berupa NaCl karena potensial elektroda Aluminium dan Na lebih kecil dari air, sehingga air yang akan bereaksi.
2. Besar arus elektroliser ditetapkan pada 0A – 8A dan temperatur pada 30 °C berdasarkan hasil uji coba untuk mengurangi energi yang terbuang dan keamanan pada konstruksi elektroliser, dimana semakin besar arus yang digunakan, maka energi yang terbuang akan semakin sedikit. Namun arus yang terlalu besar akan menimbulkan panas yang tinggi sehingga dapat merusak konstruksi elektroliser.
3. Kelayakan “Kompur Air” untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari masih berada pada tingkat yang sangat rendah. Hal ini dapat dilihat dari lamanya waktu untuk mendidihkan air 500mL dengan penggunaan daya sebesar 202,4 watt. Untuk itu masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memperbaiki kekurangan dan keterbatasan dalam hal konstruksi dan elektrik.

Referensi

- [1] <http://id.wikipedia.org/wiki/Elektrolisis> diakses pada Januari 2009
- [2] http://www.geocities.com/mydah_99/mweb2.htm diakses pada Januari 2009
- [3] <http://id.wikipedia.org/wiki/Aluminium> diakses pada Maret 2009
- [4] http://www.chem-is-try.org/?sect=belajar&ext=kfisika01_06 diakses pada Nopember 2008
- [5] Hidayatullah, Poempida. *Rahasia Bahan Bakar Air*. PT. Cahaya Insan Suci, 2008, hal. 29.
- [6] <http://www.detik.com/alat-pengubah-air-jadi-gas-ditemukan-di-mampang> diakses pada Nopember 2008