

OTOMATISASI SISTEM PENGOLAHAN AIR LAUT MENJADI AIR TAWAR DENGAN PRINSIP REVERSE OSMOSIS BERBASIS MIKROKONTROLER

(*Sub Judul : “Actuator, Buck Converter, Rectifier and Charger Control”*)

Renny Rakhmawati, ST. MT¹ Ir.Hendik Eko HS, MT² M.Zainuddin³
, Dosen Pembimbing¹ Dosen Pembimbing² Mahasiswa Jurusan Elektro Industri³
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya(PENS)
Institut Teknologi Sepuluh Nopember(ITS), Surabaya, Indonesia
Email : zain_master07@yahoo.com

ABSTRAK

Reverse Osmosis merupakan suatu sistem pengolahan air dari yang mempunyai konsentrasi tinggi menjadi air tawar yang mempunyai konsentrasi agak rendah (encer) dikarenakan adanya tekanan osmosis. Penerapan sistem ini lebih efisien dan dapat diandalkan karena air melewati membrane semipermeabel yang kerapatannya 0,0001 mikron. Teknologi ini menggunakan driver *Buck Converter* untuk mengontrol air masuk dan keluar. Kinerja dari sistem ini secara otomatis diproses oleh Mikrokontroler ATmega 16.

Pada teknologi ini juga terdapat TDS meter, pH meter, sensor tegangan, sensor level air dan sensor tekanan air. Sensor-sensor yang ada dalam teknologi ini berfungsi untuk membantu keakuratan data yang diambil. Masing-masing sensor mempunyai fungsi sendiri-sendiri sebagai input mikrokontroler.

Sumber tenaga listrik alternatif juga diterapkan pada sistem ini yakni menggunakan *Accumulator* (AKI 12V) yang dilengkapi dengan peralatan *Automatic Battery Charger*. Keseluruhan komponen sistem tersebut akan dikombinasikan menjadi sebuah alat pengolahan air laut menjadi air tawar yang lebih bersih, sehat, dan efisien dalam penerapan teknologi tepat guna.

Kata Kunci : *Atmega 16, Reverse Osmosis, Sensor, Battery Charger, Buck Converter*

1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan di bumi. Persediaan akan air layak pakai dirasakan semakin berkurang dan perlu adanya sebuah teknologi yang dapat mendaur ulang air menjadi air yang layak konsumsi. Air banyak digunakan oleh manusia, tidak hanya pada keperluan rumah tangga, tetapi juga untuk keperluan industri. Jika ketersediaan air layak pakai terus menurun akan membawa dampak negatif, terutama bidang kesehatan. Teknologi penyaringan air dapat dilakukan secara otomatis dengan bantuan mikrokontroler dimana aplikasinya dapat kita tentukan melalui bahasa pemrograman.

Proses *Reverse Osmosis* terdiri dari beberapa peralatan seperti pompa tekanan tinggi (*Booster Pump*), Katup On/Off, sensor tekanan air, TDS meter (*Total Dissolved Solid*), pH meter, *pre-filter water treatment*, dan filter *Reverse Osmosis*. Dari beberapa alat tersebut akan dikombinasi

dengan mikrokontroler untuk otomatisasi sistem *Reverse Osmosis*. Mikrokontroler akan mengatur keseimbangan arus inlet air laut dan arus outlet air limbah. Mikrokontroler juga memonitor besarnya tekanan air yang bekerja pada sistem untuk mengetahui kualitas produk dari sistem *Reverse Osmosis*.

Pada proyek akhir ini dijelaskan bahwa kualitas air tawar diukur dengan sensor pH dan TDS meter. Kedua sensor tersebut sebagai monitoring air sebelum dan sesudah proses. Sebelum air diproses secara *Reverse Osmosis* terlebih dahulu air laut di ukur kadar garamnya dengan TDS meter dan nantinya akan dibandingkan dengan hasil kadar garam air tawar setelah proses *Reverse Osmosis*. Begitu juga dengan sensor pH (derajat keasaman), sensor ini juga sebagai monitoring antara air yang belum diproses dan setelah diproses. Pada sensor tekanan air, diharapkan tekanannya konstan antara 40 – 50 Psi (*pound per square inch*) yang merupakan output dari

pompa tekanan tinggi (*Booster Pump*). Setelah tekanan air pada filter terpenuhi, maka dihasilkan air tawar dengan tingkat kekeruhan yang lebih rendah dan pH yang sesuai. Air yang tidak berhasil melewati membran *Reverse Osmosis* akan keluar melalui *Reject Valve* sebagai limbah.

Dari penjelasan di atas dapat diketahui beberapa target dari pembuatan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Kapasitas *Booster Pump* 100 PSI (*pound per square inch*)
2. *Pressure Filter* (40 – 50 PSI)
3. Kadar garam air tawar 20% - 30% dari TDS air laut
4. Derajat Keasaman air tawar 6.5 – 7.5 ($\pm 5\%$)

1.1 Tujuan

Pembuatan proyek akhir Otomatisasi Sistem Pengolahan Air Laut Menjadi Air Tawar dengan Prinsip *Reverse Osmosis* Berbasis Mikrokontroler, selain sebagai persyaratan penyelesaian studi Pendidikan Diploma III Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, juga mempunyai tujuan khusus yaitu membuat prototype sistem pengolahan air dengan metode *reverse osmosis* untuk skala rumah tangga berbasis mikrokontroler. Selain itu alat ini berfungsi untuk menghasilkan air tawar yang lebih bersih dan sehat dengan cara pengukuran pH dan kadar garam yang terkandung dalam air hasil olahan. Tampilan dari prototype sistem ini adalah dengan menggunakan LCD (*Liquid Crystal Displays*) 16x4

1.2 Batasan Masalah

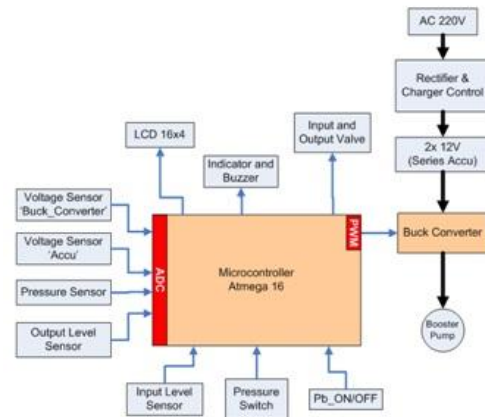
Pada rincian permasalahan, maka didapat rumusan masalah pada *hardware* sebagai berikut :

1. Bagaimana cara pengaturan kecepatan *Booster Pump* dengan rangkaian *Buck Converter* untuk menghasilkan tekanan osmotik yang konstan ?
2. Bagaimana kondisi pH dan TDS air sebelum/ setelah difilter ?
3. Bagaimana cara mengatur tegangan *Buck Converter* dengan sensor tegangan dan PWM (*Pulse Width Modulation*) ?
4. Bagaimana cara pengontrolan *Buck Converter* dengan mikrokontroler ATMega 16 ?

2. Perencanaan dan Pembuatan Alat

Pada pembuatan sistem monitoring untuk proyek akhir Sistem Pengolahan Air dengan Prinsip *Reverse Osmosis* ini terdapat berbagai rancangan yang tersebut dibawah ini.

2.1 Blok Diagram



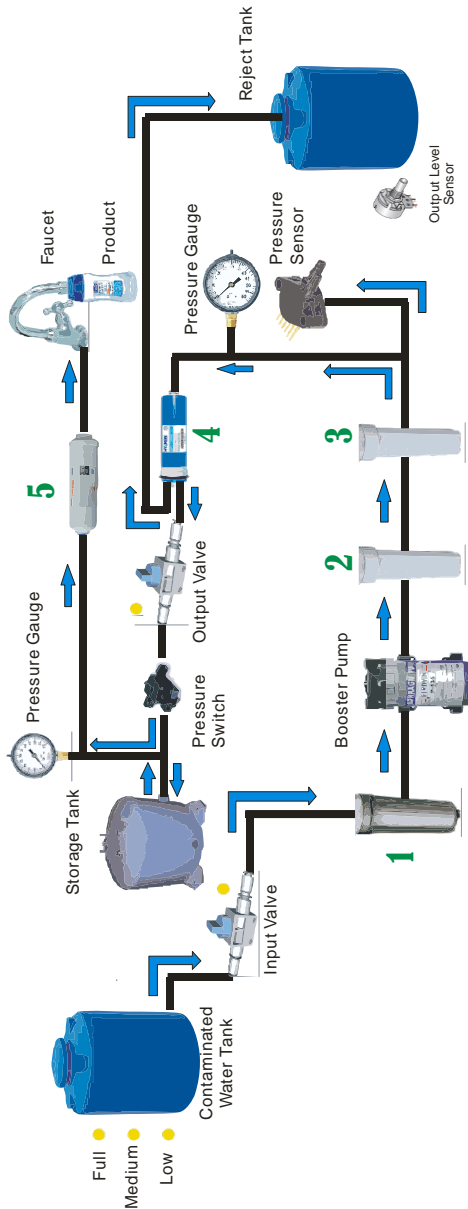
2.1.1 Konfigurasi Input Output

Alamat	Keterangan
Port A.0	Sensor Tekanan
Port A.1	Tegangan Output Buck
Port A.2	Tegangan Accu
Port A.3	Sensor level Output
Port A.4	Tegangan Charging
Port B.0	Buzzer
Port B.1	Input Valve
Port B.2	Lampu Stop
Port B.3	Output Valve
Port B.4	Lampu Run
Port B.5	Lampu Full
Port B.6	Lampu Medium
Port B.7	Lampu Low
Port C.0-7	LCD
Port D.0	Switch Accu
Pin D.2	Level 1
Pin D.3	Level 2
Pin D.4	Level 3
Pin D.5	Push button start stop
Pin D.6	Pressure switch
Port D.7	Sinyal PWM

2.1.2 Perancangan sistem

Dalam proyek akhir Sistem Pengolahan Air ini, terdapat banyak perancangan dari hardware, diantaranya adalah pembuatan sistem seperti yang tampak pada Gambar 3.2. Penulis

membuat sebuah box yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 yang didalamnya berisi semua komponen yang mendukung Sistem pengolahan Air. Dalam box juga terdapat kontrol panel sistem yang nantinya akan memudahkan user untuk mengetahui prosesnya.



Berikut Spesifikasi alat Reverse Osmosis :

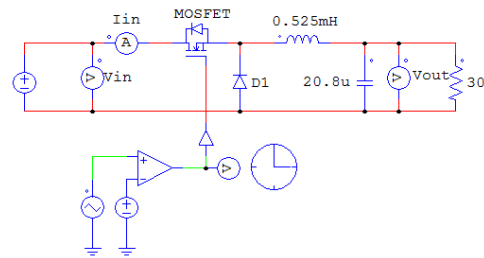
1. *Sediment 5 Micron*
Membuang partikel-partikel seperti debu, karat, tanah, dsb.
2. *Sediment 1 Micron*
Menyaring partikel-partikel dengan ukuran lebih kecil.
3. *Granular Active Carbon (GAC)*
Berbentuk butiran untuk menyerap zat-zat

berbahaya seperti: kaporit, karsinogen, detergen, insektisida dll

4. *Membran Reverse Osmosis*
Membuang polutan – polutan berbahaya sampai tingkat terkecil melalui membran berukuran 1 / 10.000 micron
5. *Post-Carbon*
Menyerap bau; mengembalikan rasa serta menghambat pertumbuhan micro-organisme.

2.1.3 Perancangan Buck Converter

Rangkaian *Buck Converter* pada Gambar 3.4 terdiri dari 5 piranti pokoknya yaitu Mosfet, Dioda, induktor, kapasitor dan resistor. Dalam rangkaian *buck converter* juga terdapat Rangkaian *Snubber* yang berfungsi untuk memotong arus sementara akibat starting yang tinggi. Sedangkan untuk driver mosfet maka diperlukan rangkaian totem pole sebagai penarik arus (*current amplifier*) untuk menentukan bahwa mosfet benar-benar ON dan rangkaian opto coupler untuk membuat *electric isolation*.



"Rangkaian Buck Converter"

Desain perhitungan dari *buck Converter*.

$$V_{in} = 25 \text{ volt}$$

$$V_{out} = 23 \text{ volt}$$

$$I_{out} = 0.8 \text{ A}$$

Type L= Ferrit Core PQ 3230

Perhitungan Duty Cycle

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{23}{25} = 0.92$$

$$R = \frac{V_{out}}{I_{out}} = \frac{23}{0.8} = 29 \Omega$$

Perhitungan Induktor

$$L_{min} = \frac{(1-D)}{2f} \times 29$$

$$= \frac{(1-0.92)}{2 \times 40k} \times 29$$

$$= 29 \mu\text{H}$$

$$L = L_{\min} \times 10$$

$$= 0.29 \text{ mH}$$

Perhitungan Arus

$$I_{L_{\max}} = V_{\text{out}} \times \left[\frac{1}{R} + \frac{(1-D)}{2Lf} \right]$$

$$= 23 \times \left[\frac{1}{29} + \frac{(1-0.92)}{2 \times 0.29 \text{ m} \times 40k} \right]$$

$$= 0.872 \text{ A}$$

$$\Delta I_L = \frac{V_{\text{in}} - V_{\text{out}}}{L} \times DT$$

$$= \frac{25 - 23}{0.29 \text{ m}} \times \left[0.92 \times \frac{1}{40k} \right]$$

$$= 0.1587 \text{ A}$$

Winding number of L

$$n = \frac{L \times I_{L_{\max}}}{B_{\max} \times A_c} \times 10^4$$

$$= \frac{0.29 \text{ m} \times 0.872}{0.25 \times 1.61} \times 10^4$$

$$= 6,28$$

= dibulatkan menjadi 10 lilitan

Wire Size

$$I_{L_{\text{rms}}} = \sqrt{IL^2 + \left[\frac{\Delta I_L}{\sqrt{3}} \right]^2}$$

$$= \sqrt{0.872^2 + \left[\frac{0.159}{\sqrt{3}} \right]^2}$$

$$= 0.87 \text{ A}$$

Kapasitor Output

$$\text{Asumsi } \Delta V_{\text{out}} = 0.1\% \times V_{\text{out}}$$

$$= 0.001 \times 23$$

$$= 0.023 \text{ V}$$

$$\Delta V_{\text{out}} = \frac{(1-D) \times V_{\text{out}}}{8LCf^2}$$

$$= \frac{(1-0.92) \times 23}{8 \times 0.29 \text{ m} \times C \times 40k^2}$$

$$C = 20.8 \mu\text{F}$$

Air Gap

$$L_g = \frac{\mu_o \times L \times (I_{L_{\max}})^2}{A_o \times B_{\max}^2} \times 10^4$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0.525 \text{ m} \times (0.872)^2}{1.61 \times 0.25^2} \times 10^4$$

$$= 0.4 \text{ mm}$$

Snubber Buck

$$C_s \approx \frac{I_{\text{on}} \times t_{\text{fall}}}{2 \times V_{\text{off}}}$$

$$\approx \frac{0.8 \times 98 \text{ ns}}{2 \times 23}$$

$$\approx 1.63 \text{ nF}$$

$$R_s < \frac{D}{2fC_s}$$

$$R_s < \frac{0.92}{2 \times 40k \times 1.63 \text{ n}}$$

$$R_s < 7055 \Omega$$

$$R_s = 3600 \Omega$$

Berdasarkan perhitungan Buck Converter

maka didapat desain Buck

Jumlah lilitan = 10 lilitan

$$I_{L_{\text{rms}}} = 0.87 \text{ A}$$

Split = 2

$$I_{L_{\text{rms}}} \text{ setelah displit} = 0.87/2 = 0.435$$

Dari data tersebut maka menggunakan AWG 27 dengan diameter kawat 0.36 mm

Jumlah kawat yang dibutuhkan :

[(kell bobin x jml lilitan x jml split) + toleransi] x 2

[(4 x 15 x 2) + toleransi] x 2

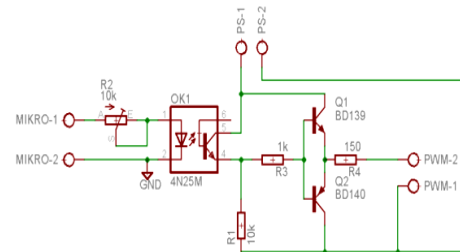
[(120) + (40% x 120)] x 2

168 x 2 = 336 cm

Panjang kawat yang dibutuhkan dibulatkan menjadi 350 cm

2.1.4 Perancangan Driver PWM

Driver PWM merupakan suatu rangkaian yang berfungsi sebagai pengatur lebar pulsa. Rangkaian ini terdiri dari optocoupler dan Totempole Double Emitter. Rangkaian optocoupler disini digunakan sebagai pemisah antara rangkaian penyulut atau mikrokontroler dengan sistem atau *plan*.

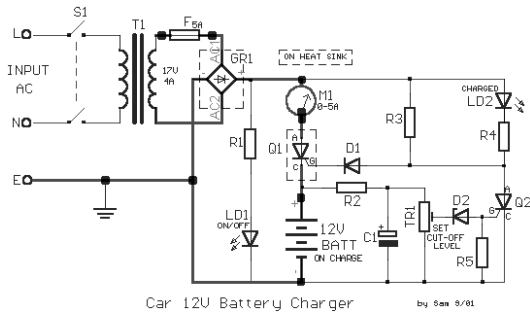


"Rancangan Driver PWM"

2.1.5 Perancangan Battery Charger

Pada umumnya alat pengisi baterai (AKI) mobil yang paling sederhana adalah pengisian secara terus menerus dengan ampere yang relatif kecil. Jika pengisi daya tidak diaktifkan (OFF), baterai akan terjadi kelebihan tegangan / *Overcharge*, cairan elektrolit akan hilang karena penguapan, dan piringan elemen akan rusak. *Gambar 3.13* menunjukkan rangkaian alternatif untuk mengatasi masalah tersebut dengan memantau kondisi baterai melalui rangkaian kontrol retroaktif dengan menerapkan arus tinggi sampai baterai sepenuhnya dibebankan. Saat pengisian selesai, maka LED merah (LD2) akan menyala dan menonaktifkan sirkuit pengisian. Salah satu hal yang harus diperhatikan adalah transformator, koneksi sisi catu daya DC harus dilakukan

dengan luas penampang kabel yang besar untuk mencegah tegangan drop dan panas ketika arus pengisian mengalir pada AKI.



Daftar komponen :

- R1= 2k Ω D1= 1N4001
- R2= 2.2k Ω D2= 12V / 0,5W zener
- R3= 1k Ω TR1= 10k Ω
- R4= 1k Ω Q1,Q2= BT151-500R
- R5= 20k Ω GR1= 6A Bridge rectifier
- C1= 47 μ F T1= 220/25V 5A
- LD1= Green LED
- LD2= Red LED
- M1= 0 – 5A DC ampere meter
- S1= 10A On-Off switch
- F= 5A fuse

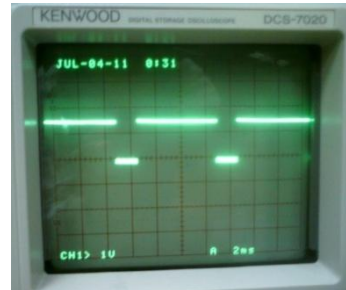
3. Pengujian dan Analisa

3.1 Rangkaian PWM

Untuk melakukan pengujian rangkaian pembangkit pulsa PWM pada mikrokontroler maka kita memerlukan oscilloscope untuk mengetahui bentuk gelombang keluaran dari rangkaian tersebut. Gambar 4.1 dari rangkaian PWM dengan *duty cycle* 50% dan Gambar 4.2 dengan *duty cycle* 80%.



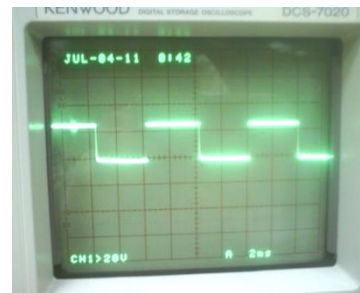
"Gelombang PWM *duty cycle* 50%"



"Gelombang PWM *duty cycle* 80%"

3.2 Rangkaian Totempole

Rangkaian totempole difungsikan sebagai sinkronisasi sinyal gelombang kotak ke Mosfet agar pengisian dan pembuangan pulsa dapat dilakukan dengan cepat. Output dari totempole ini langsung disambungkan dengan gate dan source Mosfet. Gambar 4.4 dibawah ini merupakan bentuk gelombang keluaran dari totempole.

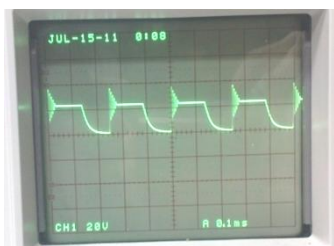


"Gelombang Keluaran Totempole"

Tegangan input dari rangkaian *totempole* berasal dari aki sebesar 24 V. Dari hasil gelombang output diatas dapat diketahui tegangan puncak keluaran sebesar $\pm 23V$.

3.3 Pengujian MOSFET

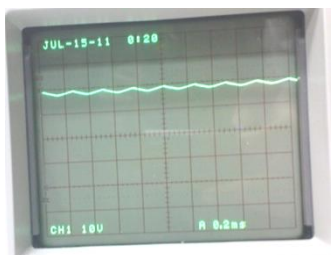
Pada pengujian tegangan mosfet ini dilakukan dengan memberikan tegangan DC 10V – 24V, pemberian tegangan dilakukan dengan cara menaikkan nilai secara bertahap. Pengujian ini berfungsi untuk melihat kapasitas tegangan (V_{gs}), (V_o) dan kemampuan kerja rangkaian snubber untuk memotong tegangan spike (V_{ds}).



"Gelombang tegangan Gate Source"



"Gelombang tegangan Drain Source"



"Gelombang tegangan Output"

3.4 Pengujian Buck Converter

Pada pengujian rangkaian *buck converter* ini sama dengan pengujian sensor tegangan. Kita merubah *duty cycle* dari 10% sampai 100% maka idealnya tegangan output saat 100% adalah 24 volt juga. Seperti pada Tabel 4.1 dibawah ini. Pada kolom arus input dan arus output arus yang mengalir adalah sama besar. Hal ini sesuai dengan teori *buck converter* bahwa $I_{in} = I_{out}$.

Tabel : Data pengujian buck Converter

Duty Cycle	Vin (V)	Vout (V)	Iin (A)	Iout (A)
10%	24.38	1.83	0.12	0.12
20%	24.31	3.12	0.2	0.2
30%	24.29	5.89	0.21	0.21
40%	24.27	8.64	0.21	0.21
50%	24.27	10.83	0.21	0.21

60%	24.26	12.93	0.21	0.21
70%	24.25	15.26	0.22	0.22
80%	24.24	17.80	0.22	0.22
90%	24.23	19.00	0.23	0.23
100%	24.23	19.45	0.23	0.23

3.5 Pengujian Battery Charger

Pada pengujian rangkaian *Battery Charger* ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik proses pengisian AKI dengan metode pemberian arus konstan. Tabel 2.6 menunjukkan data pengukuran hasil pengisian AKI.

Tabel : Data pengisian AKI

Waktu Pengujian	Tegangan accu (V)	Arus pengisian (A)
20:50	7,13	2,44
20:55	7,19	2,44
21:00	7,26	2,44
21:05	7,33	2,44
21:10	7,40	2,43
21:15	7,46	2,43
21:20	7,52	2,43
21:25	7,58	2,43
21:30	7,65	2,43
21:35	7,73	2,43

3.6 Pengujian Power Supply

Dalam pengujian ini bertujuan untuk mengamati akurasi data hasil tegangan keluaran dari rangkaian *Power Supply* dengan beberapa variasi tegangan. Tabel 4.3 menunjukkan data hasil pengukuran Power Supply.

Tabel : Data hasil pengukuran Power Supply

Tipe Regulator	Tegangan keluaran regulator	% Error	Gambar
7805CT	4,92 V	1,6 %	4.5.a
7812CT	11,27 V	6,08 %	4.5.b
7824CT	22,61 V	5,79 %	4.5.c



(a)

(b)



(c)

(d)

“Hasil Pengukuran tegangan output Power Supply”

4. Kesimpulan

Setelah melalui beberapa proses dalam pengerjaan proyek akhir ini secara keseluruhan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sistem ini bertujuan untuk menghasilkan air tawar dengan prosentase kadar garam sebesar 20% - 30% dari TDS air laut masukan dan nilai pH air tawar 6,8 – 8,2
2. Pada pengujian *Buck Converter* didapatkan hasil data pengukuran tegangan keluaran Mosfet dengan nilai rata-rata error yang cukup besar yakni 10% - 20%. Hasil ini disebabkan karena pembacaan sensor tegangan keluaran *Buck Converter* yang tidak stabil
3. Pada proyek akhir ini dilengkapi sistem kontrol dan monitoring dengan pembuatan *Control Panel* yang bertujuan untuk otomatisasi keseluruhan sistem.

5. DaftarPustaka

- [1] Idaman Said, *Teknologi Reverse Osmosis*. BAB10.pdf
- [2] <http://www.atmel.com>
- [3] Demin SWRO WWT PW Volume 1: Equipment Maintenance Manual (Plant Design Manual), ABB, Paiton Private Power Project Unit 7&8
- [4] Slide presentasi kontroler PID.ppt
- [5] Malvino, *Prinsip-prinsip Elektronik*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1984
- [6] Rasyid H.Muhammad, “*Power Electronic*”, Prentice hall, Jakarta, 1999

