

PEMBUATAN INSTRUMEN CDI (*CAPACITIVE DEIONIZATION*) DENGAN DEBIT TINGGI

MANUFACTURING CDI (CAPACITIVE DEIONIZATION) INSTRUMENTS WITH HIGH DEBIT

Valdian Rahmata P. Putra¹, Memoria Rosi², Linahtadiya Andiani³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

valdianr@students.telkomuniversity.ac.id¹, memoriarosi@telkomuniversity.ac.id²,
linahtadiyaa@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Berdasarkan penelitian yang telah dikembangkan sebelumnya, teknologi CDI ini telah dikembangkan dengan menggunakan debit air 40 ml/menit. Namun penggunaan debit rendah akan menyebabkan waktu proses desalinasi menjadi lama dan daya listrik yang dibutuhkan akan lebih besar. Oleh karena itu, pada penelitian ini dikembangkan rancang bangun instrumen CDI dengan menggunakan debit air 10 - 120 ml/menit yang telah disesuaikan dengan kapasitas CDI agar menghilangkan kendala tersebut. Pengukuran desalinasi pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan konduktivitas air garam sebelum didesalinasi dan setelah didesalinasi. Dari penelitian yang telah dilaksanakan didapat bahwa rancangan sistem CDI telah berhasil untuk melakukan desalinasi. Dari segi efisiensinya sudah baik karena proses yang dilakukan tidak memakan waktu yang lama. Namun demikian, dari debit tinggi (120 ml/menit) tidak efektif menyerap kandungan garam dengan baik dibandingkan debit yang rendah (10 ml/menit).

Kata kunci : Debit Tinggi, Desalinasi, Instrumen, Sel CDI, Teknologi.

Abstract

Based on previously developed research, CDI technology has been developed using 40 ml/min water discharge. But the use of low discharge will cause the desalination process time to be long and the required electricity will be greater. Therefore, in this study we develop the design of CDI instruments using water discharge 10-120 ml / min that has been in accordance with the capacity of CDI to eliminate these constraints. Desalination measurements in this study were conducted by comparing the conductivity of brine before it was copied and after de-copyation. From the research that has been carried out it was obtained that the design of the CDI system has been successful to perform desalination. In terms of efficiency is good because the process does not take long. However, from high discharge (120 ml/min) it is not effective to absorb salt content well compared to low discharge (10 ml/min).

Keywords: CDI Cells, Desalination, High Debit, Instruments, Technology.

1. Pendahuluan

Sudah diketahui secara umum bahwa air bersih merupakan kebutuhan dasar makhluk hidup yang paling penting. Di bumi, air mencakup 70% dari isinya [1]. Berhubungan dengan itu, adapun zat pembentuk tubuh manusia sebagian besar terdiri dari 73% air [2]. Selanjutnya, dari 70% air di bumi hanya seperempat saja yang bisa diminum [1]. Air laut mengandung ion-ion kation dan anion yaitu, NaCl. Maka dari itu, perlu mengubah air laut menjadi air tawar terlebih dahulu dengan menggunakan proses desalinasi agar dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Hal ini merupakan ide besar yang akan menunjang kehidupan manusia di masa yang akan datang, dikarenakan populasi manusia yang akan terus meningkat. Salah satu teknologi desalinasi yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah teknologi *Capacitive Deionization* (CDI) [3]. Teknologi CDI merupakan salah satu alternatif teknologi yang berkembang saat ini dikarenakan biaya operasi yang relatif lebih murah dibandingkan teknologi desalinasi yang lainnya.

Adapun beberapa contoh teknologi desalinasi yang lainnya, seperti teknologi *Multi-Stage Flash* (MSF) yang memakai sumber uap panas dan dilakukan tanpa *recycle*, lalu ada teknologi *Multi-Effect Distillation* (MED) yang memakai proses penyulingan dengan sumber air panas, dan yang terakhir ada teknologi *Reverse Osmosis* (RO) yang menggunakan metode penyaringan dengan memakai tekanan yang tinggi [3]. Secara umum, teknologi yang telah disebutkan memiliki kelemahan dari biaya operasi yang besar [3]. Maka dari itu, penulis memakai teknologi CDI dengan biaya operasi yang rendah dengan penyerapan kadar garam yang tinggi [3].

Pada penelitian ini, dapat dijelaskan bahwa prinsip kerja dari CDI menggunakan dua elektroda karbon yang diberi beda potensial sehingga mampu mengikat ion-ion garam berdasarkan prinsip gaya *coulomb* ketika air garam masuk ke dalam sel CDI maka elektroda positif akan menarik ion negatif dan elektroda negatif akan menarik ion positif. Sehingga air yang keluar dari perangkat CDI diharapkan menjadi air tawar [4]. Teknologi CDI memiliki keunggulan yaitu pengeluaran daya listrik yang sedikit sebesar 1,5 V, biaya perawatan yang minimum, dan memiliki kemampuan penyerapan kadar garam yang tinggi yaitu 80% [3].

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan oleh (Alm. Ray, 2017) [5] dan (Yogi, 2016) [4]. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan proses desalinasi dengan menghasilkan aliran debit sampai 40 ml/menit. Sedangkan, jika debitnya rendah otomatis akan membuat proses desalinasinya lama dan membutuhkan daya yang lebih besar. Maka dari itu, perlu meningkatkan CDI yang memiliki kemampuan pengurangan kadar garam yang tinggi dan pemakaian daya yang lebih hemat. Berdasarkan desain sel CDI sebelumnya yang menggunakan alat pengukuran CDI yang manual (Canro, 2019) [3] ada potensi untuk meningkatkan debit aliran air. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini direncanakan akan meningkatkan aliran debitnya menjadi 10 – 120 ml/menit dan agar bisa bekerja sesuai dengan harapan, membutuhkan selang yang mampu mengalirkan *flow* kecil ke besar, memiliki spesifikasi pompa yang kompatibel untuk aliran debit tinggi dan memastikan karakterisasi alat sudah bekerja dengan baik.

2. Dasar Teori

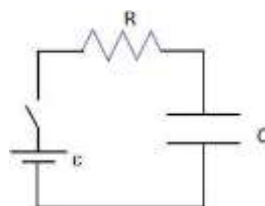
2.1 CDI

CDI merupakan salah satu teknologi desalinasi, yaitu memisahkan garam dari air laut yang menggunakan elektroda karbon aktif dengan diberi beda potensial sehingga mampu mengikat ion-ion garam. Prinsip kerja CDI pada dasarnya menyerupai dengan prinsip kerja dari kapasitor elektrokimia, yaitu ketika medan listrik diterapkan pada dua elektroda, masing-masing dari ion negatif dan ion positif dalam larutan akan pindah ke elektroda positif dan negatif [4]. Dengan demikian, pada kondisi ini jika air laut dialirkan diantara sepasang elektroda yang diberikan beda potensial tertentu maka elektroda akan mengikat ion-ion yang berlawanan [6]. Elektroda negatif (katoda) akan menarik ion bermuatan positif (kation) seperti Natrium (Na), dan elektroda positif (anoda) akan menarik ion bermuatan negatif (anion) seperti Klorida (Cl) [6].

Pada proses siklus kerja dari CDI adanya proses dari *adsorption*, yaitu proses dimana air di desalinasi. Selama fase adsorpsi, perbedaan potensial pada dua elektroda diterapkan dan ion teradsorpsi dari air [7]. Proses desalinasi dimulai dengan memberikan tegangan pada sel CDI yang menyerupai dengan proses pengisian (*charging*). Medan listrik dapat menimbulkan gaya listrik (coloumb) sehingga terjadi polarisasi/pengkutuban muatan [3]. Selama proses pengisian, ion positif dari natrium (Na) yang terlarut akan teradsorpsi menuju katoda, dan sebaliknya ion negatif dari klorida (Cl) akan teradsorpsi menuju anoda [3]. Dengan demikian, kandungan garam pada air laut akan berkurang dari sebelumnya [4].

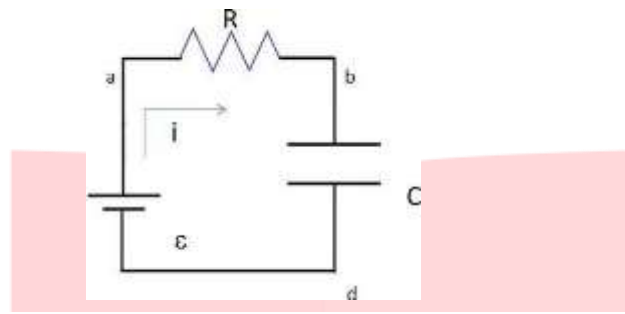
Pada proses pengisian tersebut dapat berlangsung secara terus-menerus hingga elektroda sudah terisi dengan ion-ion garam (jenuh). Dengan demikian, agar dapat digunakan kembali, diperlukan proses dari pengosongan (*discharging*), yaitu dengan memberikan tegangan dalam arah polaritas yang berkebalikan terhadap proses pengisian [3]. Selama proses pengosongan ini, ion-ion yang tadinya teradsorpsi akan lepas dan terbuang menuju aliran air [7].

2.1.1. Proses Pengisian Kapasitor



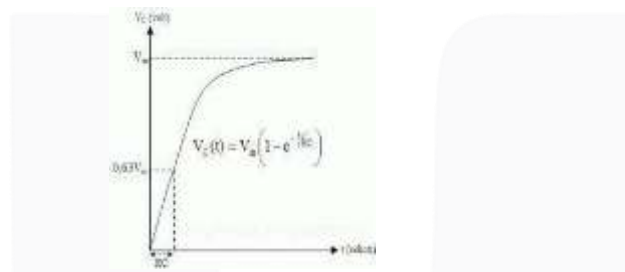
Gambar 2.1 Rangkaian Pengisian Kapasitor

Pada gambar diatas sebuah kapasitor mula mula dalam keadaan kosong/tidakbermuatan dan belum dihubungkan pada sumber tegangan [3].



Gambar 2.2 Rangkaian Pengisian Kapasitor Disaat $t = 0$

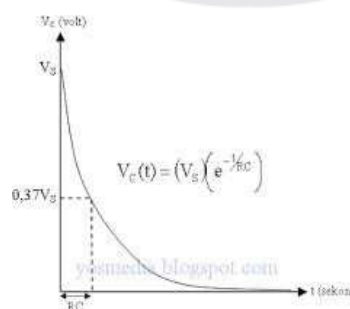
Pada saat $t = 0$ saklar tertutup, maka akan ada arus yang mengalir untuk mengisi kapasitor [4]. Arus yang mengalir nilainya akan makin kecil terhadap waktu sedangkan tegangan kapasitor nilainya akan makin besar [8]. Sehingga proses ini disebut pengisian kapasitor.



Gambar 2.3 Grafik Rangkaian Pengisian Kapasitor

Dari gambar grafik diatas membuktikan bahwa seiringnya waktu bertambah (t), besar nilai tegangan (volt) akan bertambah sampai kondisi dimana mencapai kapasitansi dari kapasitor, sehingga nilai dari tegangan tidak akan bertambah lagi melebihi kapasitas muatan dari kapasitor. Dengan demikian, pengaruh tegangan terhadap waktu berbanding lurus. Perlu diperhatikan, pada proses pengisian besar nilai beda potensial pada kapasitor tidak mungkin sama dengan beda potensial yang diberikan (V_0).

2.1.2 Proses Pengosongan Kapasitor



Gambar 2.4 Grafik Pengosongan Kapasitor

Pada gambar 2.5 diatas, memperlihatkan bahwa pengaruh tegangan terhadap waktu berbanding terbalik, karena semakin bertambahnya waktu, tegangan pada kapasitor pun akan berkurang sampai habis.

2.2. Material Penyusun

2.2.1 Elektroda Karbon Aktif

Pemilihan material elektroda karbon aktif merupakan faktor yang penting dalam menentukan performa *capacitive deionization* [4]. Elektroda karbon aktif berfungsi untuk mengikat ion-ion garam pada air laut ketika diberikan beda potensial [10]. Elektroda bisa dikatakan lebih efektif untuk CDI apabila memiliki luas permukaan spesifik yang besar, distribusi ukuran pori yang sesuai dengan ukuran ion-garam dan konduktivitas yang tinggi [10]. Salah satu cara untuk meningkatkan daya adsorpsi pada elektroda yaitu dengan permukaan yang luas [6]. Maka dari itu, elektroda karbon aktif memiliki spesifikasi luas permukaan yang besar, yakni berkisar antara 400-2200 m^2/g . Adapun hal

yang mempengaruhi dari daya adsorpsi dari elektroda karbon aktif, yaitu kandungan yang terdapat dalam bahan. Dengan demikian, secara umum elektroda karbon aktif terbuat dari bahan yang banyak mengandung karbon seperti batu bara, tempurung kemiri, tempurung kelapa, dll.

2.2.2 Plat Aluminium

Plat aluminium disini berfungsi sebagai *Current collector* yang merupakan bahan untuk menerima arus dari sumber tegangan [4]. Plat Aluminium memiliki beberapa kelebihan diantaranya tahan karat, tahan terhadap perubahan suhu, mudah difabrikasi dan memiliki struktur yang kuat. Pelat aluminium juga memiliki keunggulan konduktivitas yang tinggi sebesar $(1,45 \times 10^6 \text{ s/m}^2)$ dan biaya relatif murah. Karena sifat tersebut maka aluminium dipilih sebagai *current collector* [3].

2.2.3 Membran Penukar Ion

Membran penukar ion dalam sel CDI berfungsi sebagai pembatas antara elektroda untuk menghindari hubungan singkat antar elektrodanya (*short*) [1]. Membran penukar ion sendiri terbuat dari bahan *Poli Vinil Alkohol* (PVA) [1]. *Poli Vinil Alkohol* sendiri berfungsi untuk meningkatkan kestabilan mekanik ataupun termal, dan merupakan salah satu polimer yang digunakan sebagai material *blending* untuk kitosan [2]. Membran penukar ion sendiri mempunyai dua jenis fungsi, yakni membran untuk menukar ion kation dan membran untuk penukar ion anion. Bisa diketahui, bahwa sifat membran sel yang dapat dilalui oleh substansi tertentu merupakan sifat dari membran penukar ion kation (selektif *permeable*). Dengan demikian, membran penukar ion kation memiliki sifat selektif *permeable* terhadap kation sehingga dapat menahan ion anion dan meloloskan ion kation. Sebaliknya, membran penukar ion anion dapat menahan ion kation dan meloloskan ion anion [3]. Pada umumnya, material penyusun dari membran penukar ion terbuat dari hasil *polimerisasi styrene* dan *divinil benzene* [3]. Membran penukar ion dapat melepaskan gugus anion dan kation pada larutan garam dan kemudian mengikat ion Na / Cl pada larutan garam [4]. Dengan demikian, ion-ion yang sudah tersimpan pada elektroda diharapkan tidak akan lepas lagi menuju larutan garam sehingga efisiensi pengurangan kadar garam dapat ditingkatkan [4].

2.3 Instrumen CDI

2.3.1 Arduino Uno

Jika merujuk kepada pemahaman yang mendalam, maka arduino kurang tepat jika dikatakan sebagai mikrokontroler [15]. Arduino sendiri merupakan *platform prototyping open source* yang digunakan untuk proyek berbasis pemrograman. Dengan mengetahui hal tersebut, processor yang dimiliki *hardware* pada arduino berupa mikrokontroler ATmega [15]. Arduino uno adalah salah satu pengembangan kit mikrokontroler keluaran Atmel yang berbasis pada seri Atmega328 [16]. Mikrokontroler seri ATmega328 memiliki pemisah antara memori data dengan memori kode program sesuai arsitektur Harvard, sehingga dapat memaksimalkan kerja [15].

Ada beberapa macam arduino board selain arduino uno, diantaranya Arduino Nano, Arduino *Pro Mini*, Arduino Mega, dan Arduino Yun [17]. Arduino Uno memiliki 14 pin digital input/output, 6 analog input, sebuah resonator keramik 16MHz, koneksi USB, jack *power input*, *ICSP header*, dan sebuah tombol reset [18]. Agar mikrokontroler dapat digunakan, hanya cukup menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang menuju adaptor DC dan baterai untuk menjalankannya [18]. Arduino uno memiliki catu daya eksternal secara otomatis dan dapat diaktifkan melalui koneksi USB. Daya yang didapatkan pada eksternal (non USB) berasal dari AC ke adaptor DC atau bisa juga dengan baterai. Adaptor ini dapat menghubungkan memakai plug jack pusat positif dengan ukuran 2,1 mm konektor power. Ujung kepala dari baterai dapat dimasukkan ke dalam Vin pin header dan Gnd dari konektor power [18].

2.3.2 Modul Driver Motor L298N

Driver motor L298N merupakan driver module motor DC yang digunakan untuk mengontrol kecepatan dan arah perputaran motor DC. Driver motor L298N adalah sebuah IC yang berprinsip kerja *H-Bridge* [5]. *H-Bridge* sendiri ialah sebuah rangkaian dengan dua jalur yang bisa dibuka tutup untuk melewati arus dimana motor menjadi titik tengahnya yang membentuk huruf "H" [6]. Tiap *H-Bridge* dikontrol menggunakan tegangan yang berasal dari *output* mikrokontroler. IC L298N mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti motor DC, *relay*, solenoid, dan motor *stepper*.

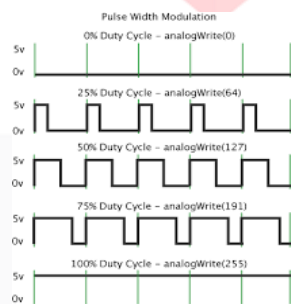
2.3.3 Pompa Motor DC

Pompa sendiri adalah mesin untuk menggerakkan fluida. Menggerakkan tempat bertekanan rendah ke tempat tekanan yang lebih tinggi [8]. Lalu ada motor DC yang membantu pergerakan pompa dengan berputar. Motor DC merupakan motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah (DC) pada kumparan medan untuk diubah menjadi gerak mekanik. Singkatnya, Motor DC adalah perangkat yang elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik [9]. Ada beberapa bagian dalam motor DC, diantaranya ada Stator, yaitu kumparan medan pada motor DC yang tidak berputar, lalu rotor yaitu, kumparan jangkar yang dapat berputar [8]. Selain stator dan rotor, Motor DC juga mempunyai komponen utama dalam menggerakkan motor, yang pertama ada kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan : kutub utara dan kutub selatan [8]. Fungsi dari kutub medan terhadap motor

DC adalah untuk menghasilkan elektromagnet dimana berfungsi untuk menerima listrik *eksternal* dari sumber tegangan [10]. Di ikuti dengan komponen utama yang kedua, yaitu *Dinamo*. *Dinamo* yang berbentuk silinder dihubungkan ke penggerak untuk menggerakkan beban [11]. Disini, penulis menggunakan Pompa motor DC 12 V, dengan alasan agar menyesuaikan alat komponen yang digunakan dan kebutuhan penulis.

2.3.4 Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) adalah sebuah cara untuk mengubah atau memanipulasi lebar sinyal pulsa dalam suatu perioda agar mendapatkan tegangan rata-rata yang diinginkan [13]. Pengaplikasian PWM berbasis mikrokontroler biasanya diterapkan pada pengendalian kecepatan motor DC, motor servo, pengaturan nyala LED, dan lain sebagainya [13]. Pada umumnya, Sinyal PWM memiliki frekuensi dan amplitudo yang tetap, akan tetapi memiliki lebar pulsa yang bervariasi [13]. Sinyal PWM pada Arduino bekerja pada frekuensi 500 Hz. Artinya, 500 siklus per ketukan dalam satu detik. Dan setiap siklusnya mempunyai nilai 0 – 255. Variasi nilai 0 – 255, di dapatkan dari resolusi PWM bernilai 8 bit, maka dari itu PWM pada Arduino memiliki 256 variasi nilai [13].



Gambar 2.5 Duty Cycle PWM

$$\text{DutyCycle} = \frac{t_{on}}{(t_{on} + t_{off})} \times 100\%$$

2.3.5 Adaptor

Adaptor merupakan sebuah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk mengubah tegangan AC yang tinggi menjadi DC yang rendah. Adaptor merupakan sebuah alternatif pengganti dari tegangan DC seperti baterai, aki, karena penggunaan tegangan AC lebih lama dan setiap orang dapat menggunakannya. Dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis, adaptor digunakan sebagai *power supply* 12 Volt [15]. Adaptor memiliki 2 jenis berdasarkan sistem kerjanya, diantaranya adaptor sistem trafo *step down* dan adaptor sistem *switching*.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Pengujian Mikrokontroler

Pengujian mikrokontroler Arduino dilakukan dengan cara mengecek sinyal keluaran dari PWM. Alasan penulis mengecek keluaran sinyal PWM pada Arduino adalah agar mengetahui apakah *duty cycle* bekerja dengan sesuai atau tidak. Pada pengujian ini, dilakukan pengecekan memakai osiloskop yang dihubungkan ke pin 10 pada Arduino. Pin 10 merupakan analog input untuk PWM. Selanjutnya, penulis mencoba mengubah besar nilai PWM pada Arduino IDE sebesar 127 yang sama dengan 50% *duty cycle*-nya. Berikut hasil sinyal pada osiloskop.



Dari hasil dengan sinyal

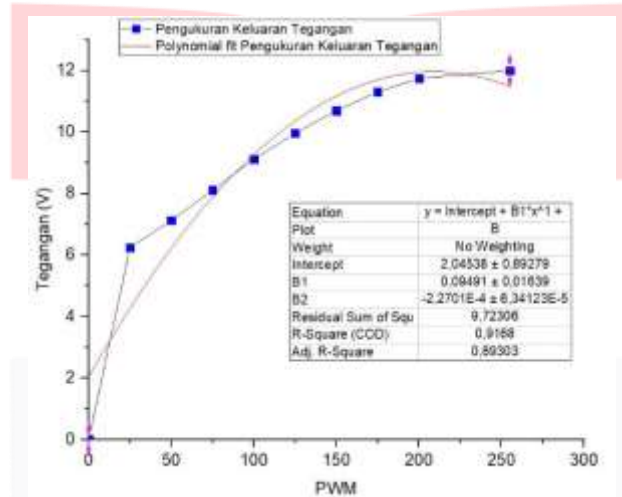
Gambar 3.1 Sinyal PWM 50% Duty Cycle

sinyal diatas, terbukti sesuai dalam keadaan 50% *duty*

cycle. Dimana 50% duty cycle ini menghasilkan nilai setengah dari keluaran tegangan maksimumnya untuk menuju pompa. Bisa disimpulkan bahwa untuk kerja PWM pada Arduino sudah baik.

3.2 Pengujian Modul L298N Driver

Pengujian pada modul ini dilakukan dengan cara mengubah besar nilai PWM lalu mengukur keluaran tegangan dari L298N Driver. Tujuan dilakukannya pengukuran ini untuk mendapatkan hubungan PWM pada Arduino dengan L298N Driver. L298N Driver dikatakan bekerja dengan baik jika semakin besar nilai PWM yang di masukan, makasemakin besar pula tegangan yang di keluarkan.

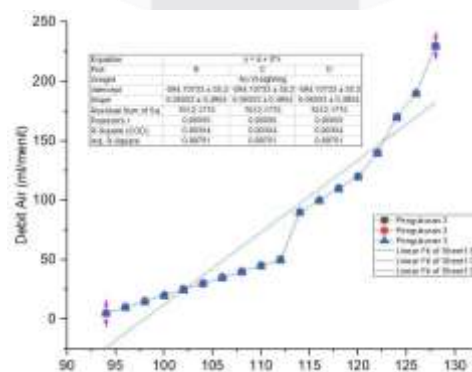


Gambar 3.2 Grafik Keluaran Tegangan pada Modul L298N Driver Motor

Berdasarkan hasil grafik diatas, bisa di analisa bahwa keluaran tegangan pada Modul L298N Driver Motor sudah sesuai dengan kerja hubungan PWM. Selain itu, bisa dilihat juga bahwa karakter dari PWM sendiri menghasilkan bentuk grafik *steady state*. Dimana ketika mendekati tegangan maksimumnya akan mengalami keadaan tunak berbentuk polinomial. Dengan nilai R-square 0,9166. R-square disini untuk melihat seberapa besar pengaruh dari variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y). Dengan demikian jika di persentasekan maka pengaruh variabel bebas (X) terhadap (Y) sebesar 91,66%.

3.3 Karakterisasi Sistem Pengatur Debit

Karakterisasi ini dilakukan bertujuan untuk menghasilkan debit air yang stabil. Dengan cara dilakukan 3 kali pengukuran pada setiap variasi PWM untuk melihat hasilnya apakah stabil atau tidak. Dan untuk memvalidasi sebuah hasil nilai debit airnya menggunakan gelas ukur skala 500 ml.

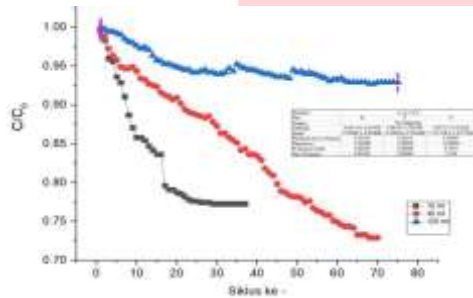


Gambar 3.3 Grafik Pengujian Variasi PWM Terhadap Debit Air

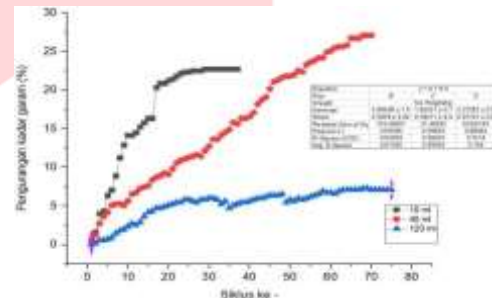
Bisa dilihat pada gambar 3.4, untuk nilai R-square sebesar 0,90354. Akan tetapi, untuk kestabilan tiap pengukuran debit air terhadap variasi PWM tertentu sudah memiliki nilai yang stabil/tetap. Bisa dikatakan bahwa pada grafik ini sudah mencapai salah satu tujuan dari penelitian ini, yaitu mengatur kestabilan debit air. Evaluasi dari penulis, adalah adanya ruang udara yang mengisi pada selang input. Sehingga membutuhkan waktu yang tidak menentu untuk mengisi ruang udara tersebut dengan air. Maka dari itu hasil keluaran debit airnya sukar untuk stabil. Berkaitan dengan itu, disaat adanya ruang udara, maka tekanan pada ruang tersebut akan mengecil. Sehingga ada hubungan antara debit air dengan tekanan dimana semakin besar tekanan, maka semakin besar juga debit air yang dihasilkan. dan begitu pun sebaliknya.

3.4 Analisis Distribusi Konduktivitas CDI

Pada bagian analisis disini, penulis melakukan pengujian sel CDI untuk mengetahui dan menganalisis hasil pengurangan kadar garam setelah didesalinasi. Untuk nilai debit air pada pengujian ini dibutuhkan sebesar 10 ml/menit, 40 ml/menit dan 120 ml/menit. Alasan memilih pada rentang tersebut agar penulis mampu membandingkan efisiensi pengurangan kadar garam pada debit rendah, debit menengah dan debit besar. Meskipun *stream flow* pada pompa mampu sampai 1300 ml/menit pada PWM maksimum, akan tetapi karena keterbatasan kapasitas CDI yang hanya bisa menampung 120 ml, alhasil ditentukan pada debit besar 120 ml/menit. Sistem pengukuran desalinasi ini sudah sama dengan penjelasan pada sub bab 3.4. Untuk pengolahan data pada pengujian ini terbagi tiga, yaitu data berdasarkan konduktivitas, C/Co, dan pengurangan kadar garam (%). Namun, pada umumnya untuk konduktivitas dan C/Co memiliki arti yang sama, maka dari itu penulis menampilkan hasil grafik dari C/Co dan Pengurangan Kadar Garam (%). Berikut hasil datanya.



Gambar 3.5 Pengujian Desalinasi Berdasarkan C/Co



Gambar 3.4 Pengujian Desalinasi Berdasarkan Pengurangan Kadar Garam (%)

Pada penelitian ini penulis memakai air kadar garam dengan keadaan awal konduktivitas 0,55 mS/cm. Untuk nilai efisiensi konduktivitas maksimum tiap debitnya adalah : Debit 10 ml dibutuhkan 37 siklus dengan efisiensi sebesar 22,7% , debit 40 ml 70 siklus sebesar 27 %, dan pada debit 120 ml 75 siklus sebesar 7,09%. Untuk batasan siklus didapatkan jika konduktivitas pada air yang telah di desalinasi sudah jenuh, dalam arti konduktivitas sudah tidak berubah-ubah lagi. Perhitungan untuk efisiensi pengurangan kadar garam sebagai berikut.

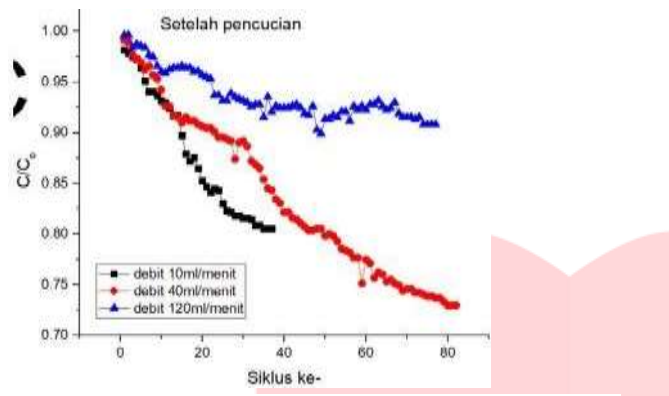
$$\text{Efisiensi \%} = \frac{C_d - C}{C_d} \times 100\%$$

Keterangan :

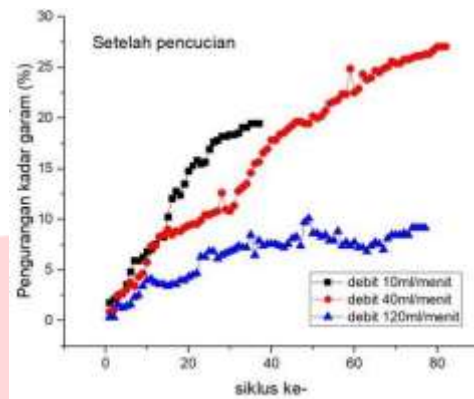
C_d : Konduktivitas air sebelum di desalinasi (mS/cm).

C : Konduktivitas air setelah didesalinasi dalam keadaan jenuh (mS/cm).

Berdasarkan hasil grafik pada gambar 3.6 mempunyai analisa dimana disaat nilai C/Co masih bernilai 1, maka desalinasi tidak berhasil. Seperti pada grafik 120 ml percobaan siklus ke – 1 tidak mengalami desalinasi. Sedangkan nilai C/Co yang dibawah 1, mengalami desalinasi. Begitu pula seperti gambar 3.5, memperlihatkan presentase (%) pengurangan kadar garam tiap siklusnya. Dari gambar berikut bisa di analisa bahwa pada debit 10 ml/menit memiliki desalinasi maksimum tiap siklusnya. Meskipun pada debit 40 ml/menit memiliki presentase pengurangan kadar garam terbesar pada siklus akhir. Akan tetapi, harus melewati siklus yang panjang untuk mencapai titik jenuh dan presentase maksimum. Bisa dikatakan, bahwa semakin besar debit air yang digunakan untuk desalinasi, semakin banyak juga siklus yang akan dilewati. Berdasarkan hasil grafik diatas merupakan pengujian desalinasi memakai sistem instrumen CDI. Adapula hasil dari pengujian desalinasi secara manual dengan memakai botolinfus yang dikerjakan oleh rekan saya, Feliza pada penelitian ini. Berikut hasil grafiknya.



Gambar 3.6 Pengujian Desalinasi Feliza Berdasarkan C/C



Gambar 3.7 Pengujian Desalinasi Feliza Berdasarkan Pengurangan Kadar Garam (%)

Pada hasil grafik rekan saya Feliza, memakai nilai C_d sebesar 0,555 mS/cm. Selanjutnya, nilai efisiensi konduktivitas maksimum tiap debitnya adalah : Debit air 10 ml didapatkan 19,43%, debit air 40 ml didapatkan 27,03% dan debit air 120 ml didapatkan 9,19%. Secara keseluruhan jika dibandingkan dengan grafik pada penelitian ini, bisa disimpulkan bahwa dengan memakai sistem instrumen CDI untuk debit 10 ml/menit dan 40 ml/menit lebih besar efisiensinya. Selanjutnya, dengan memakai rancangan instrumen CDI proses desalinasi lebih cepat jenuh dibandingkan dengan manual, yang dalam arti lebih besar efisiensi waktunya. Pada gambar 3.7, bisa dilihat bahwa data dari Feliza tidak mempunyai nilai 1 pada tiap debit dan siklus. Sedangkan, pada grafik penulis adanya nilai 1 pada siklus 1 debit 120 ml/menit. Menurut analisa penulis, penyebab terjadi kejadian seperti itu, dikarenakan sel CDI yang dipakai sudah melewati proses pencucian tiga kali. Maka kemungkinan besar kemampuan dari sel CDI dalam menyerap ion NaCl sudah berkurang, dan begitu pula dengan hasil data lainnya.

4. Kesimpulan

Pertama, rangkaian instrumen CDI yang dibuat pada penelitian ini dapat digunakan dalam proses desalinasi meskipun kinerja alat belum maksimal. Kedua, Pada penelitian ini harus memastikan tiap alat dan komponen yang dipakai harus sudah bekerja dengan baik. Begitu pula untuk faktor lainnya (*eksternal*) seperti ruang udara. Adanya ruang udara pada selang input menuju pompa sangat mempengaruhi dalam kestabilan debit air. Dikarenakan untuk mengisi ruang udara dengan air membutuhkan waktu yang tidak menentu. Dengan demikian, debit air yang dihasilkan akan berubah – ubah hasilnya. Ketiga, Berdasarkan pada penelitian ini, semakin besar nilai debit air maka semakin kecil nilai efektivitas kinerjanya. Hal ini dikarenakan aliran air yang melewati lubang outlet akan cepat mengisi penuh sel CDI sehingga proses desalinasi menjadi tidak maksimal. Selain itu, debit air juga mempengaruhi efisiensi kinerja CDI yaitu semakin besar debit air yang didesalinasi, maka semakin efisien juga waktu yang dibutuhkan.

REFERENSI:

- [1] Y. Januardi, "STUDI PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM DESALINASI AIRLAUT," *PROPOSAL TUGAS AKHIR*, vol. I, p. 7, 2016.
- [2] A. S. I. R. E. N. Bambang Piluharto, "MEMBRAN BLEND KITOSAN/POLI VINIL ALKOHOL(PVA): PENGARUH KOMPOSISI MATERIAL BLEND, pH, DAN KONSENTRASI BAHAN PENGIKAT SILANG," *Jurnal Kimia Riset*, vol. I, p. 2, 2017.
- [3] M. F. Dewi, "VARIASI KOMPOSISI ELEKTRODA KARBON NANOPORI UNTUK APLIKASI CAPACITIVE DEIONIZATION," *PROPOSAL TUGAS AKHIR*, vol. I, p. 24, 2017.
- [4] Y. Tanaka, "Membran Penukar Ion," Wikipedia, 2015. [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Membran_penukar_ion. [Accessed 17 11 2020].
- [5] U. Mataram, "3D Laser Scanner menggunakan sensor GP2Y0E03," *Tugas Akhir*, vol. II, no. 1, p.13.
- [6] Insan, "insansainsprojects.wordpress.com," insansainsproject, 5 June 2008. [Online]. Available: <https://insansainsprojects.wordpress.com/2008/06/05/h-bridge-driver-kontrol-arrah-motor/>. [Accessed 7 7 2021].

- [7] A. Faudin, "nyebarilmu.com," nyebarilmu, 27 August 2017. [Online]. Available: <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-driver-motor-1298n/>. [Accessed 07 07 2021].
- [8] G. P. M. M. Alfrindo Andreas, "Kendali Kecepatan Motor Pompa Air DC Menggunakan PID -CSA Berdasarkan Debit Air Berbasis Arduino," *Penelitian*, vol. 1, no. 1, p. 2, 2020.
- [9] P. Sriwijaya, *Tugas Akhir*, vol. I, no. 1, p. 24.
- [10] "Sinaupedia," 15 January 2020. [Online]. Available: <https://sinaupedia.com/pengertian-motor-dc/>. [Accessed 10 07 2021].
- [11] R. W. H. M. Sayuti Syamsuar, "Cara Kerja Dan Penggunaan Motor DC pada Kapal Selam," *Peneliti Pusar Teknologi Industri*, vol. 23, no. 5, p. 509, 2011.
- [12] U. I. A. I. Surabaya, vol. 1, no. 1, p. 9.
- [13] andri_mz, "Pulsa Width Modulation," vol. I, no. 1, p. 1.
- [14] E. Sakti, "Apa itu PWM?," [Online]. Available: <https://www.elangsakti.com/2015/06/arduino-konsep-dan-cara-kerja-pwm.html>. [Accessed 14 07 2021].
- [15] P. Sriwijaya, vol. I, no. 1, p. 1.