

PENGENDALI VOLUME ISI TANGKI AIR RUMAH BERBASIS KENDALI *PROPORTIONAL DERIVATIVE* DAN KOMUNIKASI WIFI

HOME WATER TANK VOLUME CONTROLLER BASED ON PROPORTIONAL DERIVATIVE CONTROLLER AND WIFI COMMUNICATION

Reynaldo Parluhutan Manurung¹, Dr. Ir. Sony Sumaryo, M.T.², Desri Kristina Silalahi,
S.Si., M.Si.³

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi, Dayeuhkolot Bandung 40257 Indonesia

¹reyparluhutan@student.telkomuniversity.ac.id, ²sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id,
³desrikristina@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Water Level Meter atau biasanya disebut sebagai sistem pengontrolan air pada suatu tangki atau wadah yang fungsinya bertujuan untuk dapat mengetahui ketinggian air yang sedang terjadi yang dimana kebanyakan penggunaan airnya diperuntukan untuk kebutuhan mandi dalam suatu instalasi rumah. Pada proses pengisian tangki air rumah sering terjadi kondisi dimana motor pompa tidak dikontrol sama sekali, dimana itu dapat menyebabkan pemakaian daya yang besar saat pengisian dan juga dapat merusak motor karna motor sering hidup dan mati secara tiba-tiba. Berdasarkan permasalahan tersebut, dibutuhkan pengendalian proses pengisian air pada tangki menggunakan metode *Proportional-Derivative* yang bertujuan untuk menurunkan daya pemakaian saat pengisian dan juga dapat memperpanjang umur motor pompa. Proses tingginya air yang sedang terjadi juga dapat di monitoring secara langsung melalui akses wifi dan antarmuka monitoring melalui browser. Setelah diterapkannya metode *Proportional-Derivative* dengan nilai $K_p=3.10$ dan nilai $K_d=0.05$ dengan rentang nilai duty cycle dari 66% ke 50%. Mendapatkan daya *output* motor rata-rata 142.91 watt, dengan nilai setiap parameter kendali yaitu *rise time* sebesar 0.159 s, *settling time* sebesar 0.259 s, *error steady state* sebesar 0.000704 dan *overshoot* sebesar 0.375% pada waktu 0.4 s.

Kata Kunci: Tangki Air, Pompa Motor AC, Ultrasonik, Pemantauan, *Propotional Derivative*.

Abstract

Water Level Meter or usually referred to as a water control system in a tank or container whose function is to be able to find out the water level that is happening, where most of the water use is intended for bathing needs in a home installation. In the process of filling the home water tank, conditions often occur where the pump motor is not controlled at all, where it can cause large power consumption when used and can also damage the motor because the motor often turns on and off suddenly. In accordance with the problem, it is necessary to control the water tank filling process. So the purpose of this proposal is to design a water level control system where the speed of the ac motor pump can be controlled using the *Proportional-Derivative* method which aims to reduce the usage power when charging and can also extend the life of the pump motor. The process of high water levels that is happening can also be monitored directly via the Web on the safari mobile device After implementing the *Proportional-Derivative* method with a value of $K_p = 3.10$ and a value of $K_d = 0.05$ with a range of duty cycle values from 66% to 50%. Obtained an average motor output power of 142.91 Watt, with every control parameter values of rise time is 0.159 s, settling time is 0.259 s, steady state error is 0.000704 and overshoot is 0.375% at 0.4 s.

Keywords: Water Tank, AC Motor Pump, Ultrasonic, Monitoring, *Proportional Derivative*.

1. Pendahuluan

Water level Meter adalah sebuah alat yang ditujukan untuk mengendalikan atau mengatur ketinggian air dalam suatu bak air atau tangki secara otomatis, yang banyak diaplikasikan menggunakan motor listrik khususnya motor induksi untuk pompa air [1]. Pemantau ketinggian air *water level meter* menggunakan pembacaan ultrasonik untuk prinsip *non-contact* atau menggunakan pelampung untuk prinsip *contact*. Penggunaan *water level meter* digunakan untuk mengetahui ketinggian air yang kemudian dihubungkan dengan saklar untuk menyalakan dan mematikan pompa air. Sistem saklar diskrit untuk pompa air memiliki kekurangan yakni memaksa motor mati saat kecepatan motor tinggi dan dapat menyebabkan percikan saat aktifasi saklar. Kedua peristiwa tersebut menyebabkan lonjakan daya pada sistem dan mengurangi umur motor pompa. Dari sini diusulkan untuk mengembangkan sistem *water level meter* berbasis ultrasonik yang dimana diberikan penambahan sistem kendali *Proportional Derivative* untuk memanipulasi kecepatan motor pompa AC.

Kecepatan dan tempo motor yang dikendalikan dapat menyumbangkan penghematan konsumsi listrik yang dibutuhkan untuk menyalakan motor namun tetap dapat mengisi air secara optimal [8]. Pemilihan aplikasi kendali PD dibanding PI dan PID dalam pengisian tangki air dikarenakan memiliki akurasi lebih tinggi dan respon yang lebih stabil dibandingkan keduanya [9].

Kendali *Proportional Derivative (PD)* digunakan sebagai kontrol kecepatan motor ac untuk menyuplai air yang masuk ke dalam tangki dimana ketika kondisi air sudah hampir penuh jumlah debit outputnya menurun dan motor tidak langsung mati saat kecepatan penuh melainkan melambat.

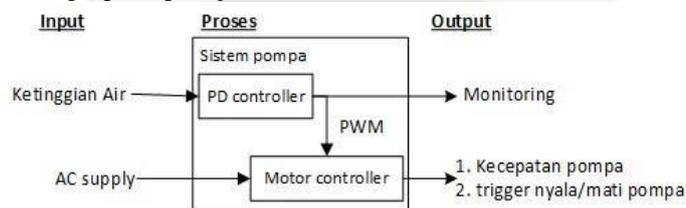
Berdasarkan studi kasus yang sudah dilakukan Marchel Tombeng pada “Implementasi Sistem Pengontrolan Tower Air Universitas Klabat Menggunakan Mikrokontroler” [10]. Menggunakan 3 set point pengukuran ketinggian air dan hanya menggunakan sensor ultrasonik sebagai sensor utamanya tanpa adanya sistem kendali pada sistem pompa.

Pada sistem yang di rancang penulis sensor *ultrasonic* digunakan sebagai pembaca ketinggian air yang nanti nilai outputnya akan digunakan sebagai feedback terhadap mikrokontroler. Berubahnya tinggi air yang direspon oleh sensor ultrasonik akan memberikan perintah untuk mengatur kecepatan putar motor AC. Penggunaan kendali *proportional derivative* ditujukan sebagai sistem pengatur agar bisa mencapai set point yang sudah ditentukan yaitu maxpoint 34 cm (kondisi batas teratas tinggi air) dan lowpoint 8 cm (kondisi batas terbawah tinggi air) kategori kedua poin yang diatas dihitung dari jarak dasar tangki menuju atas tangki. Sistem monitoring komunikasi kondisi air tangki memanfaatkan modul Wifi agar proses data dapat dilihat secara real time melalui web browser.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Prinsip Kerja Ide

Pada dasarnya prinsip kerja pada sistem yang akan dibangun adalah mengukur jarak ketinggian air pada wadah miniatur berbentuk tangki terhadap sensor ultrasonik. Sensor tersebut dipasang diatas wadah tangki yang sudah dimodifikasi dimana tujuannya sebagai pengukur jarak, sedangkan input untuk sistem ini didapat dari kondisi air sebelumnya pada tangki yang kemudian ultrasonik akan melakukan *feedback* untuk mengatur kecepatan pompa penyuplai air. Berikut berupa diagram fungsi prinsip kerja ide.



Gambar II.1 Fungsi Diagram.

A. Kondisi I (Tangki Kosong atau Tinggi Air $\leq 8\text{cm}$).

Sensor Ultrasonik menghitung jarak ke permukaan air. Jika sensor membaca nilai $\geq 87\text{cm}$ jarak sensor atau $\leq 8\text{cm}$ jarak dari permukaan bawah, itu adalah jarak low point, maka perintah hidup pada motor ac. Motor ac suplai air dengan kecepatan yang diatur sampai max point.

B. Kondisi II (Tangki Penuh atau Tinggi Air $\leq 34\text{cm}$).

Sensor Ultrasonik menghitung jarak ke permukaan air. Jika sensor membaca nilai $\leq 61\text{cm}$ jarak sensor atau $\leq 34\text{cm}$ jarak dari permukaan bawah, maka perintah mati pada motor ac.

C. Kondisi III ($8\text{cm} \leq \text{Volume air} \leq 34\text{cm}$)

Kondisi $\leq 8\text{cm}$ Volume air $\leq 34\text{cm}$ (mengisi air).

Sensor menghitung nilai berubahnya tinggi air yang terjadi dan sistem akan mengelolah data dan menginisiasi terjadi kenaikan. (jarak permukaan air makin mendekati terhadap sensor ultrasonik). Pompa motor menyuplai air sampai mendekati 34cm dan pompa motor akan mati.

Kondisi $\leq 8\text{cm}$ Volume air $\leq 34\text{cm}$ (saat air dikuras/penggunaan).

Sensor menginisiasi terjadi penurunan bukan kenaikan (jarak permukaan air makin menjauh terhadap sensor ultrasonik). Sistem pengisian tidak terjadi, hingga permukaan air menyentuh nilai 8cm maka balik ke kondisi 1.

2.2 Water Level Meter

Water level Meter adalah sebuah alat yang bertujuan untuk mengendalikan atau mengatur ketinggian air dalam suatu bak air atau tanki secara otomatis, yang banyak diaplikasikan menggunakan motor listrik khususnya motor induksi untuk pompa air [1]. Fungsi dari alat ini adalah mengontrol level air dalam sebuah tangki penampungan yang banyak dijumpai di rumah-rumah atau disebuah industri.

2.3 Sensor Ultrasonik

Ultrasonik Level Sensor adalah alat yang terdiri dari dua unit yaitu *Transmitter* dan *Receiver*, prinsip kerjanya merupakan pantulan gelombang. *Transmitter* akan memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 20 kHz-200 kHz melalui medium udara yang dipantulkan kembali dan diterima oleh *Receiver* pada sensor. Pantulan gelombang ultrasonik tersebut dimanfaatkan untuk mengukur jarak [4]. Setelah gelombang pantulan sampai di alat penerima, maka sinyal tersebut diproses untuk menghitung jarak benda tersebut. Jarak rumus sebagai berikut [5]:

$$S = \frac{340 \times t}{2}$$

S = Jarak antar sensor ultrasonik dengan benda (m).

T = Selisih waktu pemancaran gelombang oleh transmitter dan waktu ketika gelombang pantul diterima receiver (detik).

340 = Kecepatan rambat gelombang ultrasonik (m/detik).

2.4 Debit air

Pengukuran debit secara langsung adalah pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan peralatan berupa alat pengukur arus maupun debit. Debit hasil pengukuran dapat dihitung segera setelah pengukuran selesai dilakukan [6].

Pengukuran debit secara tidak langsung adalah pengukuran debit yang dilakukan dengan menggunakan rumus hidrolika, contohnya rumus *Manning* atau *Chezy* [6]. Besaran debit air dapat dihitung dengan:

$$Q = V \times A$$

Q = Debit.

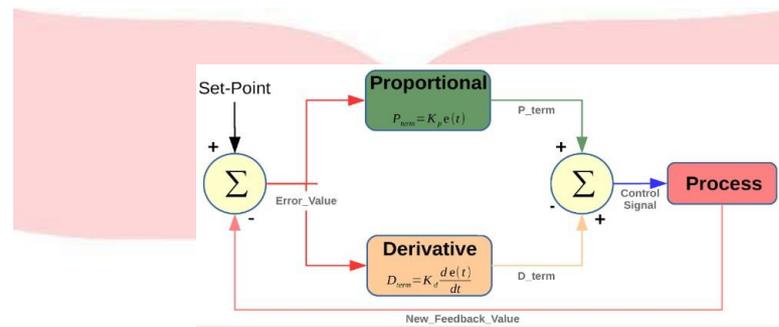
V = Kecepatan aliran air (m/s).

A = Luas penampang (m²).

2.5 Sistem Kendali PD (*Proportional Derivative*)

Sistem kendali *Proportional-Derivative* adalah sistem kendali yang terdiri dari 2 komponen, yaitu sistem kendali proporsional dan derivatif. Sistem kendali ini membutuhkan masukan yaitu berupa referensi atau biasa disebut dengan set poin dan nilai terukur yang merupakan hasil dari pembacaan sensor yang ada pada sistem. Selisih pembacaan ketika kondisi riil dan set poin dinamakan kesalahan atau eror. Untuk sistem kendali proporsional, hasil keluarannya adalah perkalian eror dengan sebuah nilai parameter yang nilainya diatur hingga mendapatkan respon yang baik. Parameter ini dinotasikan dengan K_p. Sedangkan sistem kendali *derivative* adalah hasil perkalian parameter *derivative* atau dinotasikan dengan K_d dengan selisih eror yang terjadi saat itu dengan eror yang terjadi pada saat sebelumnya.[2] Persamaan dari sistem kendali PD ini ditunjukkan pada persamaan dibawah ini:

$$u(t) = K_p e(t) + K_d \frac{de(t)}{dt}$$



Gambar II.2 Diagram blok sistem kendali PD.

2.6 PWM (Pulse Width Modulation)

PWM merupakan teknik yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor serta efisien dalam membangkitkan sinyal keluaran yang periodenya berulang dari kondisi high dan kondisi low, dimana dari keadaan tersebut dapat mengontrol sinyal high dan low sesuai yang kita inginkan. Sinyal PWM memiliki gelombang yang tetap namun duty cycle bervariasi (antara 0% hingga 100%).

Modulasi lebar pulas (PWM) diperoleh dengan bantuan gelombang kotak yang mana siklus kerja (duty cycle) gelombang dapat diubah untuk mendapatkan sebuah tegangan keluaran bervariasi yang merupakan nilai rata-rata dari gelombang tersebut. PWM bekerja sebagai switching power suplai untuk mengontrol on dan off [3]. Cara menghitung duty cycle didapatkan dari:

$$Duty\ Cycle = \frac{t_{High}}{t_{High} + t_{Low}} \times 100\%$$

Nilai Vout didapat dari :

$$V_{out} : Duty\ Cycle \times V_{max}$$

$$t : 1/ Frekuensi\ (time\ period\ (ms)).$$

$$F : Banyaknya\ gelombang\ yang\ terjadi\ dalam\ 1\ detik\ (hz).$$

$$V_{max} : Tegangan\ maksimal\ dari\ sistem\ terkontrol\ (v).$$

2.7 Komunikasi WiFi

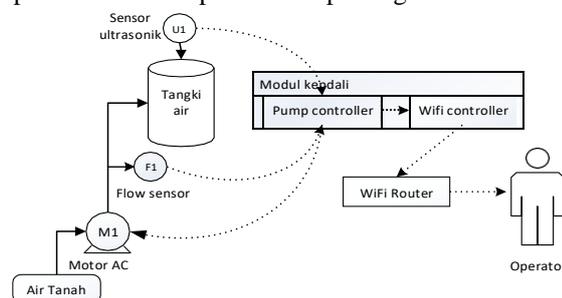
Wi-Fi adalah singkatan dari *Wireless Fidelity* yaitu seperangkat yang digunakan untuk komunikasi jaringan lokal tanpa kabel (*Wireless Local Area Network-WLAN*), yang didasari pada spesifikasi *The Institute of Electrical and Electronics Engineer (IEEE) 802.11* (Yuhfizar, 2008: 77). Fungsinya menghubungkan jaringan dalam satu area lokal secara nirkabel.

Wi-Fi adalah salah satu jenis teknologi komunikasi dan informasi yang bekerja pada jaringan dan perangkat *Wireless Local Area Network (WLAN)* (Jubilee Interprise, 2012: 27) [7].

3. Pembahasan

3.1 Desain Sistem

Pada bab perancangan sistem dibahas mengenai desain sistem yang terdiri dari desain perangkat keras (hardware) dan desain perangkat lunak (software). Desain perangkat keras terdapat diagram blok untuk menjelaskan proses kerja alat, sedangkan desain perangkat lunak terdapat flowchart yang akan mempermudah dalam pembacaan pemrograman sistem.

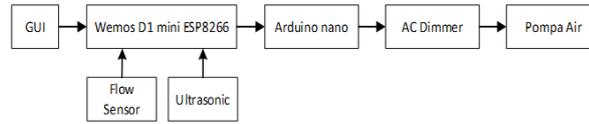


Gambar III.1 Desain Piping & Instrument Diagram Sistem Rancangan

Pada gambar III – 1 sistem pompa air menggunakan aktuator M1 yakni pompa motor AC, Flow sensor (F1) dan Sensor Ultrasonik (U1) mengirim data sinyal kedalam dan debit air untuk diolah modul kendali, modul kendali memberi sinyal kepada Motor AC (M1) untuk menyesuaikan kecepatannya berdasarkan volume tangki. Modul kendali terdiri dari *Pump controller* pengendali *Proportional derivative*, dan *Wifi controller* untuk menghubungkan sistem monitoring sistem ini ke

router WiFi. Operator dapat mengakses sistem monitor menggunakan gawai *smartphone* atau komputer untuk mengakses sistem monitor.

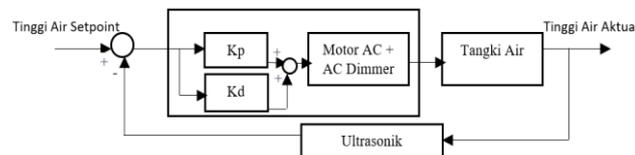
3.2 Diagram Blok Sistem



Gambar III.2 Diagram Blok Sistem Rancangan

Gambar III-2 ialah Komponen blok diagram terdiri dari modul penyusun sistem. Komponen GUI adalah antarmuka monitoring dan kendali sistem pengisian, wemos D1 mini menangani GUI yang terhubung lewat wifi sekaligus antarmuka flow sensor dan ultrasonik. Flow sensor digunakan untuk mengukur debit air dan volume tangki air, ultrasonik digunakan untuk mengukur kedalaman air dalam tangki, data kedalaman air dikirimkan ke Arduino nano melalui protokol komunikasi I2C, data kedalaman air dijadikan referensi sistem kendali untuk mengendalikan output pompa air melalui modul AC dimmer.

3.3 Diagram Blok Kendali PD Sistem

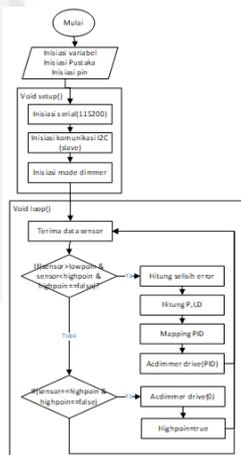


Gambar III.3 Blok Diagram Kendali PD Sistem Rancangan

Input sistem kendali pengisian tangki adalah setpoint kedalaman target tangki yang menggambarkan bahwa tangki penuh, setpoint pertama adalah batas maksimum isi air, setpoint kedua adalah batas minimum isi air dalam tangki, variabel yang dipakai sebagai input kendali PD adalah error selisih ketinggian pengukuran terhadap setpoint ketinggian maksimum.

Nilai error kemudian menjadi input sistem untuk menghitung proporsi pwm terhadap ketinggian air aktual, differential dipakai untuk mereduksi nilai lonjakan dari nilai proporsi yang dapat menyebabkan pompa air overshoot dari target maksimum ketinggian tangki air, selanjutnya output PD di mapping kedalam rentang PWM yang dapat diterima untuk menggerakkan pompa air. Sistem plant yang dimana adalah tangki air akan memberikan nilai output tinggi air aktual yang digunakan sebagai feedback kembali untuk sistem pengisian air.

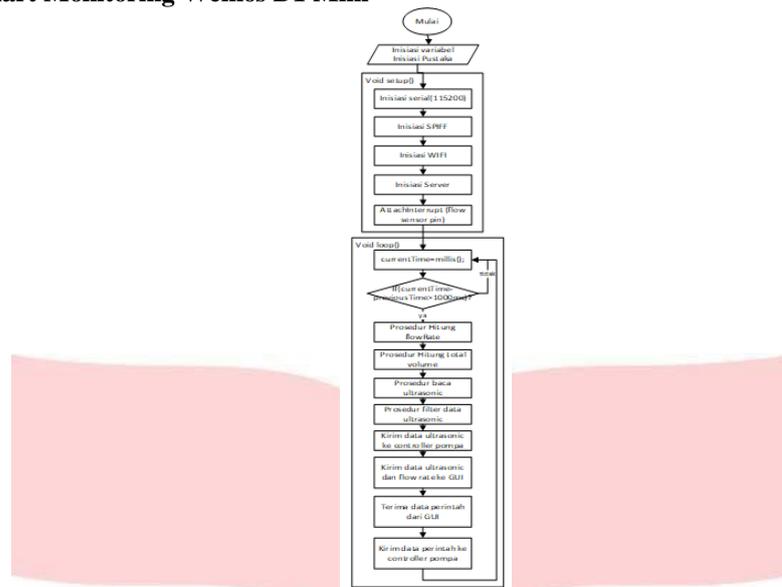
3.4 Flowchart Kendali PD Sistem



Gambar III.4 Diagram alir kendali PD system.

Input sistem kendali pengisian tangki adalah setpoint kedalaman target tangki. Setpoint pertama adalah batas maksimum isi air, setpoint kedua adalah batas minimum isi air dalam tangki, variabel yang dipakai sebagai input kendali PD adalah error selisih ketinggian pengukuran terhadap setpoint ketinggian maksimum.

3.5 Flowchart Monitoring Wemos D1 Mini

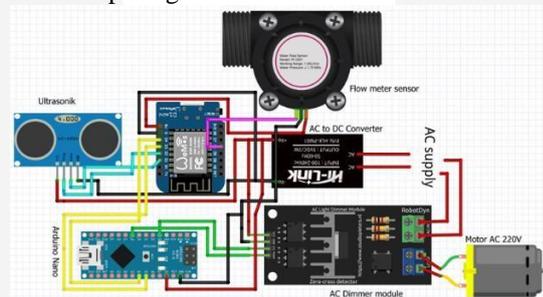


Gambar III.5 Diagram alir system monitoring

Program dimulai dengan menginisialisasi variabel dan pustaka yang digunakan dalam program. Kapabilitas webserver digunakan untuk menyajikan GUI kendali dan monitoring sistem pompa melalui WiFi. Nilai kumulatif dari flow rate dijadikan pembacaan total volume air. Nilai jarak pembacaan ultrasonik kemudian menjadi sampel penghitungan filter ketinggian air. Filter yang dipasang adalah *moving average* dengan sampling tiap 5 data pembacaan ultrasonik.

3.6 Desain Perangkat Keras

Desain wiring perangkat keras adalah representasi distribusi aliran komunikasi sinyal dan energi, desain pengkabelan terlihat pada gambar 3.4



Gambar III.6 Skema Wiring Perangkat Keras Sistem.

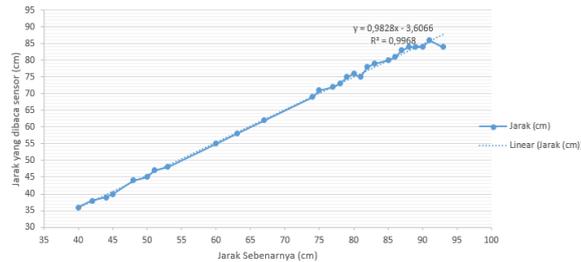
Mikrokontroler terdiri dari Arduino nano dan Wemos D1 mini, komunikasi antar keduanya menggunakan protokol *I2C*, komunikasi *I2C* arduino nano terhubung di pin A4(*SDA*) dan A5(*SCL*), pada wemos d1 mini digunakan pin D3 D4, suplai 5v memakai AC/DC converter, sensor yang digunakan ialah ultrasonik dan flow sensor, pin *trigger* dan *echo* ultrasonik terhubung di pin D1 dan D2, pin D6 dipakai untuk flow sensor. Arduino nano menangani modul AC dimmer, pin *Zero cross* terhubung dengan pin interrupt arduino nano (D2), pin sinyal PWM terhubung di pin D6 arduino nano. Aktuator motor AC terhubung dengan pin output AC dimmer.

4. Hasil dan Analisis

4.1 Kalibrasi Sensor Ultrasonik JSN-SR04t V2.0

4.1.1 Pengujian Linearitas Pembacaan Ultrasonik dengan Pembacaan Penggaris.

Pada gambar IV.1 ditampilkan pembacaan jarak sensor ultrasonik dan pembacaan sebenarnya dengan penggaris yang dianalisis menggunakan Analisis regresi linear.



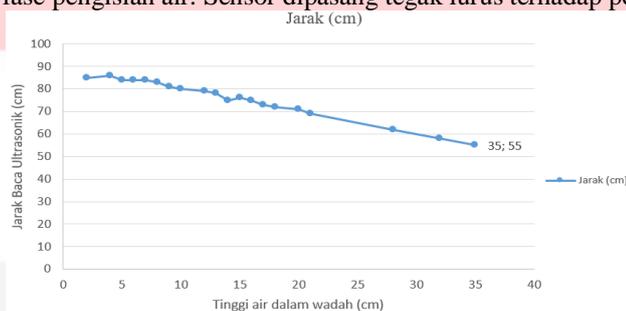
Gambar IV.1 Kalibrasi Pembacaan Sensor Terhadap Pembacaan Penggaris.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah hasil pengukuran tinggi air dengan menggunakan alat pengukur penggaris, sedangkan variabel tak bebas adalah hasil pengukuran tinggi air dengan menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04t.

Pengukuran yang diperoleh dari gambar 4.1 menggunakan regresi linear antara jarak baca sensor dan jarak sebenarnya dinyatakan dengan persamaan $Y = 0,9828x - 3,6066$. Dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9983 berarti bertambahnya jarak sebenarnya menyebabkan bertambah jarak yang dibaca sensor. Determinasi (r^2) sebesar 0,9968, berarti kemampuan variabel bebas yaitu pengukuran penggaris dalam menjelaskan variansi variabel tak bebas yaitu pengukuran sensor adalah sebesar 99,68%. Terdapat 0,32% variabel tak bebas yang dijelaskan oleh faktor lain.

4.1.2 Pengujian Pembacaan Sensor Ultrasonik Terhadap Air Pada Wadah.

Pengujian dilakukan dengan mengisi wadah air, kemudian kedalaman air yang dibaca oleh penggaris dibandingkan dengan data pembacaan sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik menggunakan ekstensi pipa sepanjang 95cm untuk menghindari error pembacaan akibat adanya gelombang air yang terbentuk dari fase pengisian air. Sensor dipasang tegak lurus terhadap permukaan air.

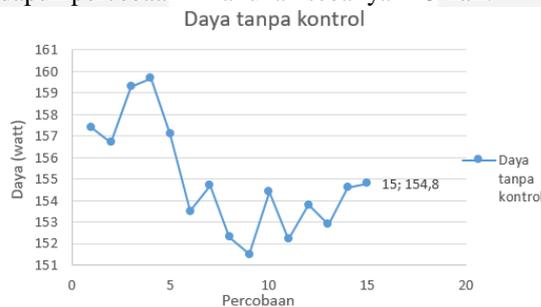


Gambar IV.2 Pembacaan Ultrasonik terhadap air dalam wadah.

Dari data hasil percobaan kalibrasi dihitung rata-rata error sensor yaitu $\frac{201,61\%}{28}$ mendapatkan nilai hasil sebesar 7,20%, dan besar akurasinya sebesar 92,8%. Adapun titik buta dari sensor ultrasonik jenis JSN-SR04t v2.0 sebesar 25-30cm.

4.2 Pengujian Daya (Watt) Motor Pompa Alternating Current.

Pengujian dilakukan menggunakan AC wattmeter yang diletakan pada terminal colokan dan motor nyala dengan keadaan menjalankan beban berupa memompa air dari titik low point ke max point pada gallon air. Adapun percobaan Dilakukan sebanyak 15 kali.



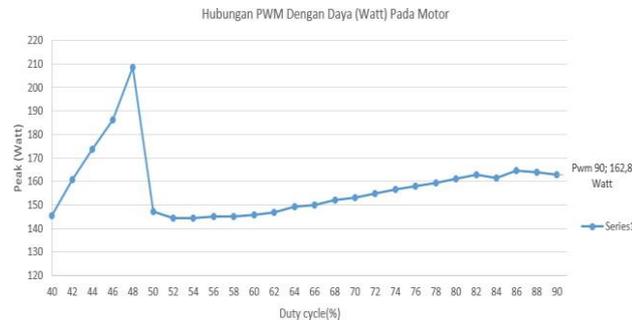
Gambar IV.3 Daya motor tanpa kontrol.

Gambar IV.3 percobaan daya output motor pompa air tanpa kontrol saat pengisian air dan dihitung waktu isi tersebut dimana nanti hasil percobaan digunakan untuk perbandingan terhadap motor pompa air setelah diterapkan kontrol PD. Adapun daya rata-rata yang dihasilkan motor pompa

tanpa kontrol ini sekitar 154,9 watt dengan waktu pengisian rata-rata 39 detik dari batas lowpoin sampai ke maxpoin.

4.2.2. Pengujian Kendali PWM Linear (Uji Daya)

Pengujian dilakukan dengan memberikan nilai duty cycle pada motor AC, dari rentang yang ditetapkan yaitu 40% - 90%.

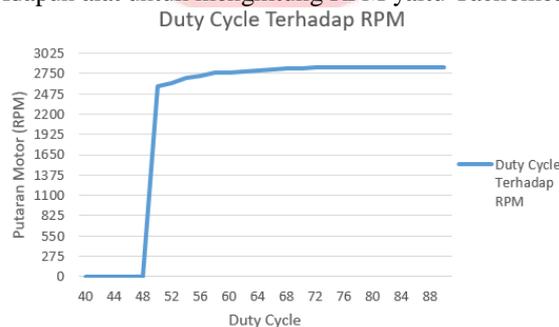


Gambar IV.4 Grafik uji Duty Cycle terhadap daya dan induksi.

Saat pemberian pemberian rentang duty cycle 40-48% motor memasuki kondisi stall dan mulai mulai running saat rentang duty cycle 50-90%. Adapun maksud dari kondisi *Stall* ialah kondisi motor tidak dapat berjalan dikarenakan kecepatan motor yang diatur tidak mampu menjalankan beban, sedangkan kondisi *Running* ialah dimana kondisi motor mulai dapat berjalan dengan perlahan tanpa mengeluarkan bunyi dan mampu menjalankan beban.

4.2.3. Pengujian Kendali PWM Terhadap Putaran Motor (RPM)

Pengujian dilakukan untuk dapat mengetahui kecepatan putar motor yang dihasilkan ketika diberikan nilai duty cycle, Adapun alat untuk menghitung RPM yaitu Tachometer.



Gambar IV.5 Nilai duty cycle terhadap putaran motor.

Pada gambar IV.5 dapat dilihat motor mulai berjalan saat diberikan nilai duty cycle 50% dan nilai kecepatan putar motornya bertambah sejalan ditambahnya nilai duty cycle pada motor, mendapatkan nilai rpm terendah yaitu 2571 dan tertinggi 2836.

4.3 Analisis Peformansi Sistem Kendali *Proportional Derivative*

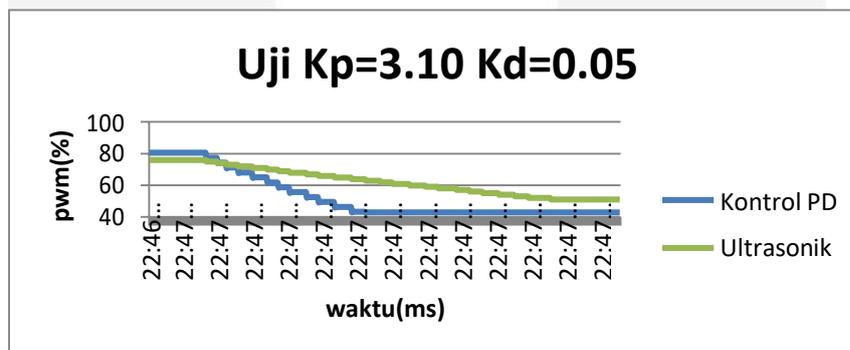
Pengujian dilakukan untuk mengetahui peformansi parameter konstanta P,D terhadap kecepatan motor dan konsumsi daya. Konfigurasi terpilih adalah pengaturan dengan konsumsi daya terendah namun dengan waktu pengisian paling mendekati dengan sistem pengisian tanpa kontrol. Tuning PD menggunakan metode trial error dengan batasan pwm output 45-90% agar motor tidak stall dan bricked.

Sistem yang terintegrasi memiliki variabel Kp, dan Kd yang dituning dalam rentang 50-90% duty cycle kemudian diamati pola gerakan dan bunyi dari suara motor AC, pwm yang terlalu rendah (stall) ditandai dengan suara motor yang melembut dan tidak melengking, kemudian motor yang macet (bricked) ditandai dengan motor bergetar saat bertransisi kecepatan, motor bricked mengakibatkan pembacaan daya yang berlebih.

Proses inialisasi nilai Kp disesuaikan dengan batas nilai duty cycle yang sudah dicoba pada aktivasi induksi motor atau saat mulai berputar dengan rentang 50%-90% kemudian dicari kriteria kedua yakni yang memiliki waktu pengisian yang mendekati dengan sistem tanpa kendali PD. Tuning Kp ini juga bertujuan untuk menemukan kinerja daya ekonomis dari sistem, kinerja daya terbilang ekonomis apabila metriknya dibawah konsumsi daya rata-rata sistem tanpa kontrol PD yakni 154,99 watt. Penyesuaian Kd digunakan untuk memperhalus penurunan kecepatan pada motor pompa AC.

Pada ukuran tuning $K_p=4$ pwm tertinggi pada 90% dan terendah sesuai kalibrasi skala terendah yakni 50%, dengan konsumsi daya tertinggi 155 watt hampir sama dengan konsumsi daya sistem pompa air tanpa kontrol PD, Kemudian K_d diberikan nilai 2 untuk melihat pengaruh K_d untuk memperhalus transisi akan tetapi nilai yang terlalu tinggi menyebabkan penurunan torsi drastic saat transisi, saat pengamatan motor terdengar stall. Pada ukuran tuning $K_p=3.5$ settling time turun menjadi 38 detik dan konsumsi daya turun 5 watt, nilai K_d 0.25 diberikan, transisi motor menjadi lebih halus akan tetapi masih terdapat lonjakan torsi sesaat saat pembacaan konsumsi daya motor. Pada K_p 3.25 pwm maksimum saat motor ac menyala pada 83% waktu pengisian tidak berubah secara signifikan akan tetapi daya rata-rata turun dikisaran 148 watt, pada K_d 0.05 menunjukkan perputaran motor stabil saat transisi kecepatan dan tidak terdapat lonjakan daya dari pembacaan powermeter. Pada K_p 3 daya lebih rendah, akan tetapi motor menjadi panas, pada percobaan $K_p=3$ beberapa kali motor tidak dapat bergerak dan motor AC menjadi panas. Ini disebabkan holding torque yang dihasilkan PWM kontroler lebih kecil dari beban air yang dialirkan sehingga motor tidak mampu mengangkat beban. Dengan alasan itu maka setting nilai K_p dihentikan pada nilai 3. Dari rentang percobaan tersebut ditetapkan nilai K_p optimum adalah 3.10 karena memiliki daya kerja paling minimum dan motor tetap dapat menghasilkan torsi yang cukup untuk mengalirkan air, selanjutnya diterapkan nilai K_d 0.05 untuk memperhalus transisi kecepatan motor AC.

H. Uji Nilai $K_p = 3.1$, $K_d = 0.05$



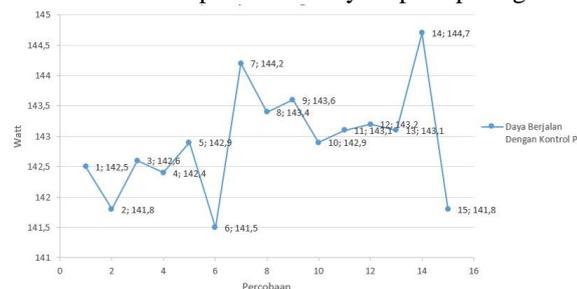
Gambar IV.6 Uji K_p 3,10 K_d 0,05

Pada tabel (IV.6) dirincikan hasil rekapitulasi settling time terhadap daya kerja motor sesuai pengaturan variabel K_p dan K_d . Pada settingan K_p dan K_d ditetapkan nilai optimum $K_p=3.10$ dan $K_d=0.05$ dengan waktu pengisian air (settling time) 40 detik, 2 detik lebih lama dari sistem pengisian air tanpa kendali, dengan daya kerja rata-rata sistem 142.9 watt.

Variabel Uji	Settling Time (Detik)	Daya (Watt)
$K_p=4$, $K_d=2$	39	155
$K_p=3.5$, $K_d=0.25$	38	151
$K_p=3.25$, $K_d=0.05$	39	148
$K_p=3.25$, $K_d=0$	40	148.1
$K_p=3.2$, $K_d=0$	41	144.8
$K_p=3.1$, $K_d=0$	40	143
$K_p=3$, $K_d=0$	42	141.5

Tabel IV.1 Percobaan daya dan waktu isi dengan kendali PD.

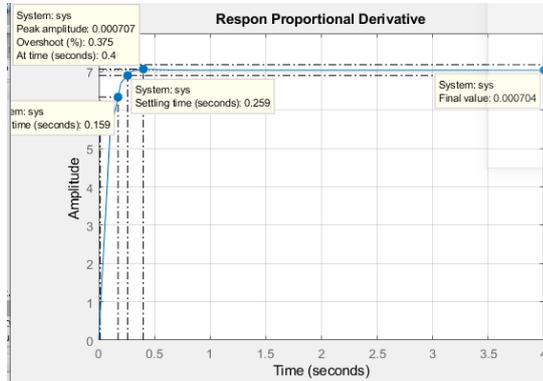
Settingan $K_p=3.10$ dan K_d 0.05 dilakukan selama 15 kali siklus pengisian air untuk mengetahui stabilitas sistem kendali dan output keluarannya seperti pada gambar IV.7



Gambar IV.7 Daya output motor dengan kendali PD

Pada gambar IV.7 adalah percobaan yang dilakukan sebanyak 15 terhadap kecepatan motor setelah diterapkannya control PD dengan setingan $K_p=3.10$ dan $K_d= 0.05$. Menghasilkan daya rata-rata 142.91 watt saat proses pengisian air pada tangki.

4.4. Pengujian Parameter Kendali Pada $K_p=3.10$ dan $K_d=0.05$

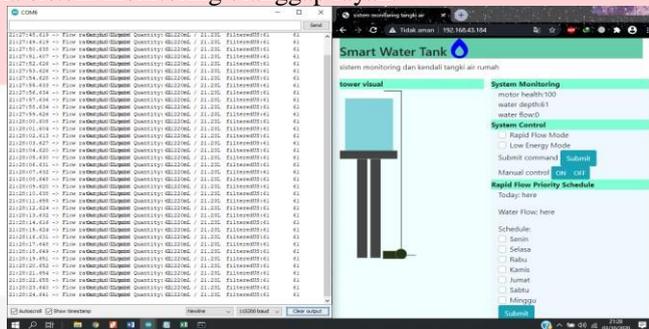


Gambar IV.8 Respon Sistem K_p 3.10 dan K_d 0.05

Gambar IV-21 merupakan bentuk dari respon *proportional derivative* dengan $K_p= 3.10$ dan $K_d= 0.05$ yang digunakan sebagai nilai tetap pada perancangan pengisian air tangki dengan kategori mode pengisian *low energy*. Menunjukkan waktu naik dari respon untuk memotong sumbu *steady state* pertama (*rise time*) sebesar 0.159 s, waktu yang dibutuhkan respon untuk stabil 5%, 2% atau 0.5% dari keadaan *steady state* (*settling time*) sebesar 0.259 s, (*overshoot*) keadaan lonjakan puncak yang melebihi dari target yaitu 0.375% pada 0.4 s, dan (*error steady state*) selisih antara nilai akhir yang dicapai sistem terhadap target yang diharapkan yaitu sebesar 0.000704.

4.5. Pengujian Input Output Sistem Monitoring

Sistem monitoring berbasis WiFi digunakan untuk mengetahui kinerja pompa dan sistem isi air pada tangki. Sistem mengakses router wifi yang dikonfigurasi, serial monitor dibuka untuk mengetahui data pembacaan sensor ultrasonik dan sensor debit air sesungguhnya, kemudian perangkat gadget mengakses alamat IP antarmuka sistem, apabila pembacaan sistem sesuai dengan data sesungguhnya maka sistem monitoring dianggap layak.



Gambar IV.9 Monitoring keadaan air pada tangki.

4.4. Pengujian Sistem Pengisian Air Keseluruhan

Menguji sistem kontrol dan monitoring saat simulasi pengisian air.

Tinggi Air Pada Wadah	Ultrasonik Membaca	Debit Air(L/min)	Sistem Pengisian	Sistem Monitoring Web
8 cm	87 cm	20 → 32,86	On	Berhasil
11 cm	83 cm	33.74	On	Berhasil
15 cm	79 cm	33.08 → 32.86	On	Berhasil
19 cm	75 cm	31.30	On	Berhasil
23 cm	71 cm	31.08	On	Berhasil
29 cm	65 cm	30.64	On	Berhasil
34 cm	61 cm	30.64 → 0	Off	Berhasil

Tabel 4 Pengujian sistem keseluruhan

Dari tabel (IV-9) terlihat bahwa pompa dan debit menyala serta mengikuti pola kecepatan mengikuti output PD controller yang dipasang, pada ketinggian 34 cm pompa berhenti karna air mencapai ketinggian ambang atas sesuai pembacaan sensor ultrasonik.

5. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dan dianalisis dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai error sensor ultrasonic sebesar 7,20% dan nilai akurasi sebesar 92,8%.
2. Kendali *Proportional Derivative* pada sistem mendapatkan konfigurasi penghematan daya, $K_p=3.10$ dan $K_d=0.05$ dengan rentang duty cycle 66% ke 50%. Menghasilkan output daya rata-rata 142.91. Nilai setiap parameter kendali *rise time* sebesar 0.159 s, *settling time* sebesar 0.259 s, *error steady state* sebesar 0.000704, dan *overshoot* sebesar 0.375% pada 0.4 s.
3. Sistem monitoring menampilkan kondisi tinggi air dengan delay transmisi data 27ms.

Daftar Pustaka:

- [1] Konstantinos Loizou, Eftichios Koutroulis. (2016). “*Water Level Sensing: State of The Art Review and Performance Evaluation of a Low-Cost Measurement System*”. School of Electronic and Computer Engineering, Technical University of Crete, Greece.
- [2] Ardy Seto Priambodo, Adha Imam Cahyadi, Samiadji Herdjunanto. (2013). “*Perancangan Sistem Kendali PD Untuk Kestabilan Terbang Melayang UAV Quadcopter*”. Departemen Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. ISSN: 2085-6350.
- [3] Bisman Perangin-Angin. (2013). “*Aplikasi Pembangkit Pwm Untuk Mengendalikan Kipas Pada Desktop Komputer Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535*”. Jurnal Article FMIPA USU.
- [4] Sumardi Sadi & Ilham Syahputra. (2018). “*Rancang Bangun Monitoring Ketinggian Air Dan Sistem Kontrol Pada Pintu Air Berbasis Arduino Dan Sms Gateway*”. Jurnal Teknik Vol 7 Universitas Muhammadiyah Tangerang. E-Issn: 2581-0006.
- [5] Bakhtiyar Arasada, Bambang Suprianto. (2017). “*Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Ino*”. Jurnal Teknik Elektro Vol 06.
- [6] Finawan, Aidi, Mardiyanto, Arief. (2011). “*Pengukuran Debit Air Berbasis Mikrokontroler At89s51*”. Jurnal Nasional.
- [7] Yuhefizar. (2008). 10 Jam Menguasai Internet Teknologi & Api. Bandung Alexmedia.
- [8] Santoso, A, D. Salim, M, A. (2019). “*Penghematan Listrik Rumah Tangga Dalam Menunjang Kestabilan Energi Nasional Dan Kelestarian Lingkungan*”. Jurnal Teknologi Lingkungan Vol.20.
- [9] Sharma, S. Arora, M. Kaushik. (2017). “*Analysis of Liquid Level Control of Coupled Tank System by Pi, Pd, Pid Controller*”. International Journal of Scientific & Technology Research.
- [10] Marchel Tombeng, Clarissa Angelica Tedjo, Natasya Andani Lembang. (2018). “*Implementasi Sistem Pengontrolan Tower Air Universitas Klabat Menggunakan Mikrokontroler*”. Cogito Smart Jurnal Volume 4 Universitas Klabat Airmadidi.

