

PERANCANGAN SISTEM PENGONTROL SUHU DAN KECEPATAN PENGADUKAN PADA MAGNETIC STIRRER MULTI HOT PLATE

TEMPERATURE AND STIRRING SPEED CONTROL SYSTEM DESIGN ON MULTI HOT PLATE MAGNETIC STIRRER

Rama Hadi Prasetyo¹, Dr. Eng. Indra Wahyudhin Fathona.,S.Si.,M.Si.², Dr. Eng. Asep
Suhendi.,S.Si.,M.Si.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹ramahdpr@student.telkomuniversity.ac.id, ²indrafathonah@gmail.com, ³asep.suhendi@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari pembuatan sistem pengaduk dan pemanas Magnetic Stirrer Multi Hot Plate adalah sebagai alat penunjang laboratorium yang digunakan untuk mencampurkan suatu zat dengan yang lainnya sehingga menjadi suatu zat yang homogen. Pencampuran akan lebih cepat jika menggabungkan operasi pengadukan dengan pemanasan secara bersamaan. Sistem Magnetic Stirrer Multi Hot Plate mempunyai sistem pengontrol berbasis mikrokontroler ATmega2560. Sistem pengontrol digunakan untuk mengendalikan kecepatan putar motor DC sebagai pengaduk dan suhu elemen pemanas. Pengendalian oleh sistem pengontrol dilakukan untuk memudahkan laboran untuk mendapatkan hasil pencampuran yang cepat dan presisi..

Kata Kunci: Magnetic Stirrer Multi Hot Plate, pencampuran, mikrokontroler, sistem pengontrol, motor DC, elemen pemanas.

Abstract

The purpose of making Multi Hot Plate Magnetic Stirrer stirring and heating system is to be a supporting tools for mixing any substance with other substance to be a homogenous substance. Mixing will be faster if combining stirring and heating operation in the same time. Multi Hot Plate Magnetic Stirrer have a controlling system based on ATmega2560 microcontroller. Control system is used for controlling the DC motor's rotating speed as stirrer and temperature of heating element. Controlling by the control system is used for laboratory staff to get faster and precise stirring result with ease.

Kata Kunci: Multi Hot Plate Magnetic Stirrer, stirring, microcontroller, control system, DC motor, heating element.

1. Pendahuluan

Dalam laboratorium banyak kegiatan pencampuran zat-zat cairan yang akan dianalisis. Dalam pencampuran tersebut beberapa zat akan dicampur dengan sebuah pengaduk untuk menghasilkan pencampuran zat yang sempurna atau homogen. Pencampuran zat pada alat *magnetic stirrer* akan lebih baik jika menggabungkan operasi pengadukan dan pemanasan secara bersamaan. Pencampuran zat pada alat *magnetic stirrer* sebelumnya hanya dilakukan dengan operasi pengadukan saja, sehingga pencampuran akan membutuhkan waktu yang lebih lama [1][2]. Dengan penambahan operasi pemanasan maka proses pencampuran akan lebih cepat, namun untuk melakukan pencampuran yang efisien diperlukan suhu yang tinggi [3][4]. Pada operasi pemanasan diperlukan pengontrolan suhu agar larutan atau zat-zat yang dicampurkan menghasilkan campuran yang homogen secara sempurna. Sistem pengukuran suhu pada operasi pemanasan harus akurat sehingga pengontrolan akan memberikan hasil yang baik [5]. Pengukuran suhu dapat menggunakan termokopel yang mempunyai rentang pengukuran yang luas dan tahan panas [6].

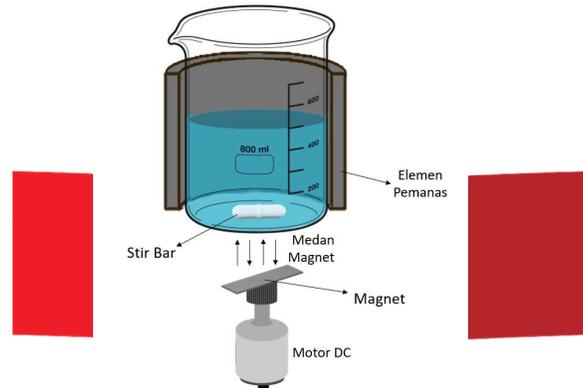
Sistem pengaduk dan pemanas magnetic stirrer multi hot plate hanya mampu melakukan pengadukan dan pemanasan untuk satu sampel saja pada waktu yang sama, sehingga pencampuran beberapa sampel akan membutuhkan waktu yang lebih lama dan menghasilkan campuran yang tidak identik. Dengan sistem pengaduk dan pemanas magnetic stirrer multi hot plate pencampuran dapat dilakukan pada beberapa sampel secara individu maupun simultan pada waktu yang sama, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencampurkan sampel-sampel tersebut akan lebih singkat dibandingkan dengan magnetic stirrer hot plate yang hanya bisa melakukan pencampuran satu sampel saja pada satu waktu. Pada sistem pengaduk dan pemanas ini yang dilakukan adalah mengontrol suhu pemanas dan kecepatan putar pengaduk. Pengontrolan kecepatan putar dan suhu menggunakan mikrokontroler, dimana sistem kontrol yang digunakan adalah kontrol PI. Pemilihan kontrol PI dikarenakan respon pemanas yang tergolong lambat sehingga overshoot yang terjadi tidak terlalu besar. Penggunaan kontrol PI

bertujuan untuk membuat kerja sistem lebih efektif dan meminimalkan kesalahan yang terjadi. Kontrol PI mempunyai karakteristik respon yang cukup cepat dan kestabilan yang baik.

2. Metodologi

2.1 Sistem

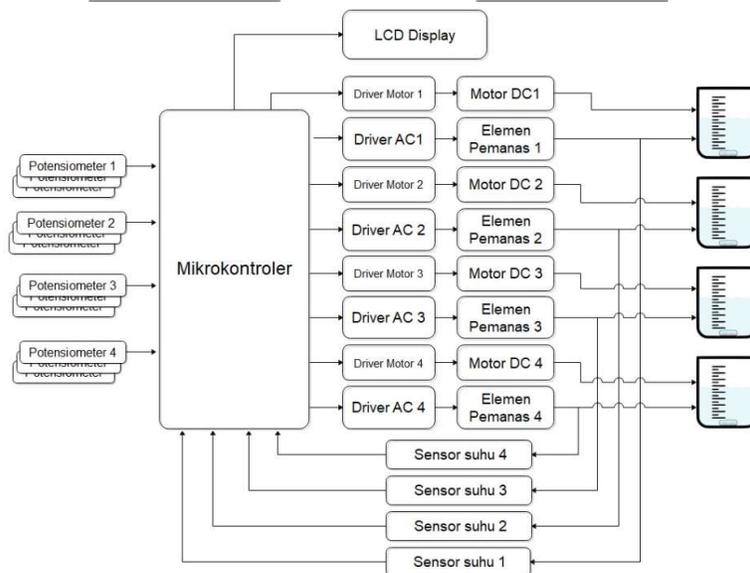
Sistem pengontrol suhu dan kecepatan pengadukan pada *Magnetic Stirrer Multi Hot Plate* ini bekerja dengan operasi pengadukan dan pemanasan. Ilustrasi kerja sistem ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Ilustrasi Sistem Pengaduk Dan Pemanas

Sistem pengaduk pada sistem pengontrol suhu dan kecepatan pengadukan pada *Magnetic Stirrer Multi Hot Plate* ini bekerja dengan cara memasang sebuah magnet pada poros motor DC, sehingga akan menghasilkan medan magnet. Ketika motor DC diaktifkan dan berputar maka magnet tersebut akan ikut berputar. *Stir bar* yang diletakkan dalam gelas akan ikut berputar akibat medan magnet yang dihasilkan oleh magnet yang terpasang pada poros motor DC. Sistem pemanas bekerja dengan cara memberi energi panas yang sesuai nilai yang telah ditetapkan. Pengendalian energi panas dari elemen pemanas ini diatur dengan membatasi tegangan yang masuk ke elemen pemanas sehingga suhu pemanas sesuai dengan suhu yang telah ditetapkan.

2.2 Perancangan Software



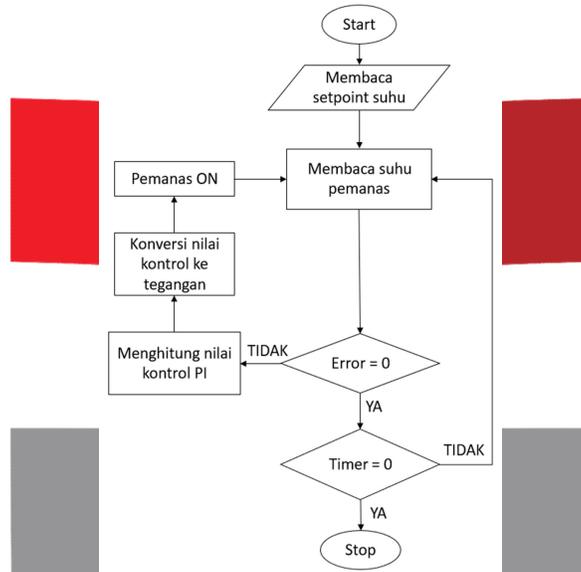
Gambar 2.2 Blok Diagram Sistem Pengaduk Dan Pemanas *Magnetic Stirrer Multi Hot Plate*

Dibawah ini merupakan masing-masing fungsi dari setiap blok diagram diatas:
 a) Potensiometer, berfungsi untuk menentukan setpoint kecepatan putar, suhu, dan timer.

- b) Mikrokontroler, sebuah pengontrol berbentuk chip yang berfungsi untuk mengontrol proses dari sistem.
- c) Display, merupakan media display yang berfungsi untuk menampilkan setpoint kecepatan putar dan suhu.
- d) Motor Driver, berfungsi untuk mengatur kecepatan dari motor DC.
- e) Motor DC, berfungsi untuk memutar magnet penggerak yang akan memutar stir bar dalam gelas ukur.
- f) Driver AC, berfungsi untuk mengatur tegangan input dari elemen pemanas.
- g) Elemen pemanas, merupakan pelat pemanas yang berfungsi untuk memanaskan larutan dalam gelas ukur.
- h) Sensor suhu, berfungsi untuk membaca nilai suhu yang dihasilkan elemen pemanas.
- i) Gelas ukur, merupakan wadah untuk larutan yang akan diaduk dan dipanaskan.

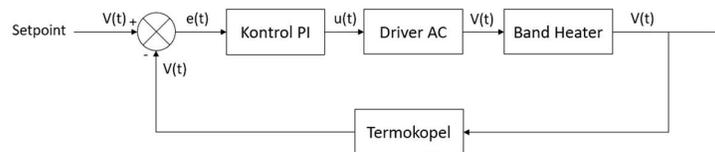
2.3 Perancangan Software

Berikut pada Gambar 2.3 merupakan diagram alir dari sistem pengontrol suhu.



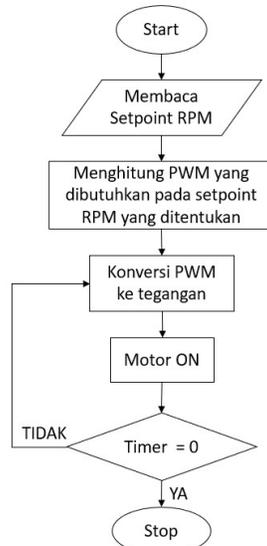
Gambar 2.3 Flowchart Pengontrolan Suhu

Sistem pengontrolan pada alat *Magnetic Stirrer Multi Hot Plate* ini menggunakan kontroler PI. Kontroler PI ini digunakan untuk mendapatkan respon sistem yang lebih cepat dan terkendali. Diagram blok kontrol PI dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Diagram Blok Kontrol PI

Pada sistem pengontrol pengadukan dilakukan secara open loop. Penentuan sinyal kontrol dilakukan dengan cara melakukan karakterisasi nilai PWM terhadap kecepatan putar dari motor DC. Diagram alir sistem pengontrol kecepatan putar dapat dilihat pada Gambar 2.5.

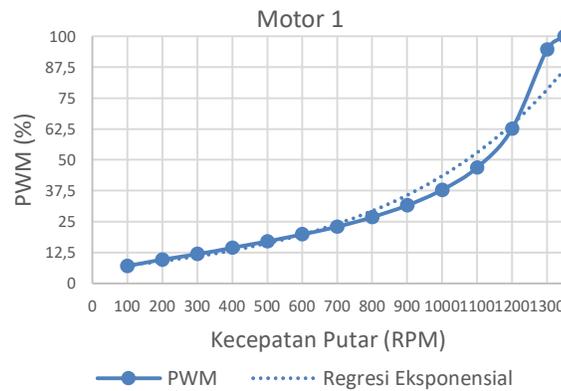


Gambar 2.5 Flowchart Pengontrolan Kecepatan Pengaduk

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Sistem Pengaduk

Pengujian sistem pengaduk dilakukan dengan cara mengkarakterisasi PWM (*Pulse Width Modulation*) terhadap kecepatan RPM dari motor DC untuk mendapatkan pengukuran kecepatan pengadukan dengan akurat. PWM berguna untuk mengatur tegangan input dari motor DC.

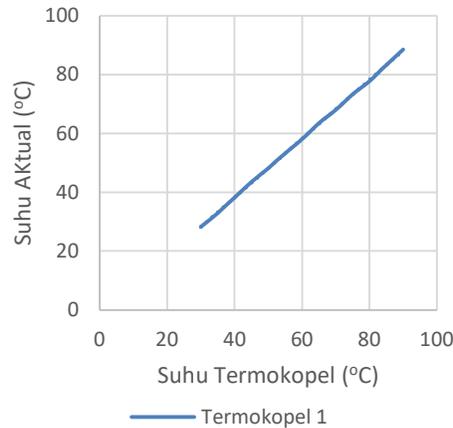


Gambar 3.1 Grafik Nilai Kecepatan Putar Terhadap PWM

Dari penggunaan metode regresi eksponensial didapatkan nilai hasil regresi pada masing-masing motor yaitu $y_1 = 6,0584e0,002x$ dan $R12 = 0,9843$ untuk motor 1, $y_2 = 6,648e0,0019x$ dan $R22 = 0,9826$ untuk motor 2, $y_3 = 6,6357e0,0019x$ dan $R32 = 0,9824$, $y_4 = 6,3261e0,0019x$ dan $R42 = 0,9812$.

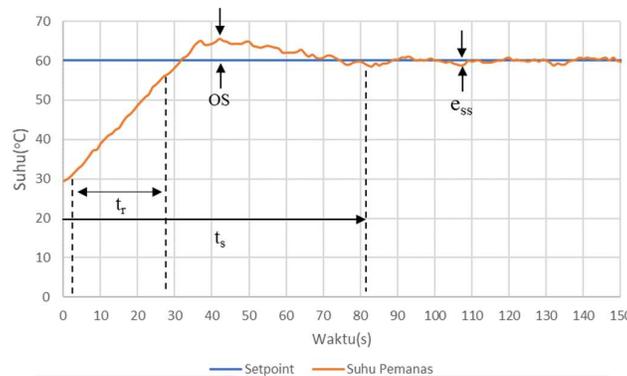
3.2 Sistem Pemanas

Pada sistem pemanas kalibrasi termokopel dilakukan untuk mendapatkan nilai pengukuran suhu yang akurat. Kalibrasi termokopel dilakukan dengan cara membandingkan antara pengukuran menggunakan kalibrator termokopel yaitu dengan pengukuran menggunakan termokopel pada suhu-suhu tertentu. Dengan menggunakan perbandingan tersebut akan menghasilkan nilai perbandingan antara termokopel dengan kalibrator termokopel menggunakan regresi linear. Berikut merupakan grafik suhu aktual menggunakan kalibrator termokopel terhadap suhu termokopel.



Gambar 3.2 Grafik Suhu Termokopel Terhadap Suhu Aktual

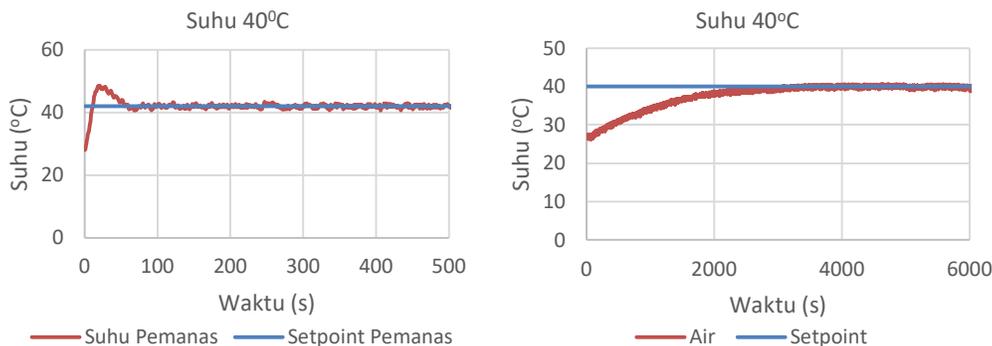
Pada sistem pengaduk dan pemanas magnetic stirrer multi hot plate ini kontrol yang digunakan ialah kontrol PI. Penggunaan kontrol PI bertujuan untuk mengurangi *overshoot* dan mengurangi *steady state error*. Kontrol PI mempunyai konstanta P dan I yang besarnya ditentukan dengan metode tuning PI. Metode tuning PI yang digunakan pada sistem pengaduk dan pemanas *magnetic stirrer multi hot plate* yaitu metode *trial and error*. Pada metode *trial and error* ini nilai pertama-tama dengan memasukkan nilai K_p mulai dari nilai yang kecil dan bertambah hingga hasil respon alat memiliki *rise time* dan *steady state error* minimal.

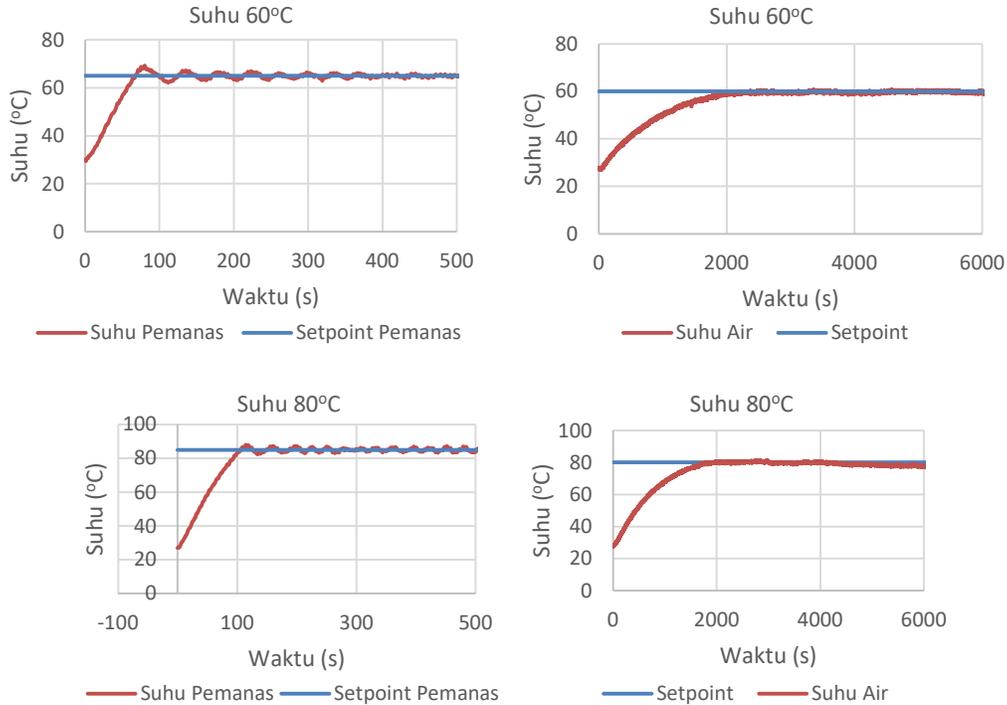


Gambar 3.3 Hasil Akhir Tuning PI Dengan Metode *Trial And Error*

Hasil tuning PI dengan metode *trial and error* diperoleh hasil respon yang stabil dan *steady state error* yang sangat kecil dan lebih stabil. Hasil respon alat memiliki *steady state error* = 0,5o C, t_r = 25 detik, t_s = 81 detik dan OS = 6° C. Dari percobaan ini diperoleh repon alat yang stabil dan *steady state error* yang sangat kecil maka proses tuning PI telah selesai dengan nilai K_p = 100 dan K_i = 50.

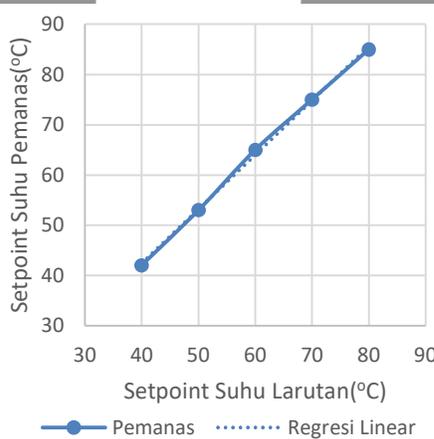
Pengujian sistem pemanas dilakukan dengan cara memanaskan air dengan volume yang berbeda-beda. Berikut merupakan hasil grafik percobaan pemanasan menggunakan air.





Gambar 3.4 Grafik Hasil Pemanasan

Dari hasil diatas menggunakan nilai hasil $K_p = 100$ dan $K_i = 50$, kenaikan suhu air tersaturasi mendekati suhu setpoint. Dari hasil diatas menggunakan nilai hasil $K_p = 100$ dan $K_i = 50$, kenaikan suhu air tersaturasi mendekati suhu setpoint. Dengan mengkarakterisasi setpoint suhu pemanas terhadap setpoint suhu larutan diperoleh hasil grafik seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Grafik Karakterisasi Setpoint Suhu Pemanas Terhadap Setpoint Suhu Larutan

Dari hasil grafik diatas didapatkan nilai setpoint suhu pemanas yang diperlukan untuk nilai setpoint suhu larutan dengan menggunakan metode regresi linear. Dari penggunaan metode regresi linear didapatkan hasil $y = 1,0886x - 1,374$ dan $R^2 = 0,9991$. Dengan karakterisasi ini suhu pengaturan untuk pemanasan larutan akan dicapai sesuai setpoint yang ditentukan.

3.3 Pengujian Pengadukan Dan Pemanasan

Tabel 1. Hasil Pengujian Pengadukan Dan Pemanasan Dengan Sistem Kerja Secara Individu

No.	Zat Kimia	RPM	Waktu	Suhu Akhir Larutan	Hasil Pengadukan	
					Sebelum	Sesudah
1	3gr Bubuk PVP K30	1300	12 menit	44°C		
2	75ml Air + 50ml Etanol	1000	10 menit	42°C		

Dari hasil pengujian pengadukan dan pemanasan secara bersamaan diperoleh hasil larutan yang homogen. Pada percobaan 1 dengan menggunakan 125ml air yang ditambahkan 3gr bubuk PVP K30 menghasilkan larutan yang homogen dengan pengadukan dan pemanasan selama 12 menit. Pada percobaan kedua dengan menggunakan 75ml air yang ditambahkan 50ml etanol menghasilkan larutan yang homogen dengan pengadukan selama 10 menit.

Berikut pada Tabel 4.4 merupakan pengujian pengadukan dan pemanasan dengan menggunakan 100ml air yang ditambahkan 3gr Bubuk PVP K30 secara bersamaan dengan sistem kerja secara simultan pada keempat slot dengan pengaturan suhu 60oC.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pengadukan Dan Pemanasan Dengan Sistem Kerja Secara Simultan

Slot	Waktu	Suhu Akhir Larutan	Hasil Pengadukan	
			Sebelum	Sesudah
1	15 menit	42,75°C		
2		41,5°C		
3		40°C		
4		42°C		

Dari hasil pengujian diatas dapat dilihat setelah 15 menit 3gr bubuk PVP dapat terlarut dalam 100ml air pada keempat percobaan pada masing-masing slot. Keempat percobaan pada masing-masing slot menghasilkan larutan yang homogen dengan suhu akhir.

4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil percobaan diatas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengaduk dan pemanas magnetic stirrer multi hot plate ini memiliki sistem pengaduk dengan kecepatan putar yang dapat diatur dari 200 rpm hingga 1300 rpm dan sistem pemanas dengan pengaturan suhu yang dapat diatur dari suhu 30-80oC yang dapat bekerja secara otomatis.
2. Proses pengadukan dan pemanasan pada sistem pengaduk dan pemanas magnetic stirrer multi hot plate ini dapat dilakukan secara individu atau simultan sesuai nilai setpoint yang telah ditentukan.
3. Hasil pelarutan dengan pengadukan dan pemanasan secara individu menghasilkan larutan yang homogen.
4. Hasil pelarutan dengan pengadukan dan pemanasan secara simultan menghasilkan larutan yang homogen pada keempat slot, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk melarutkan beberapa sampel yang sama akan membutuhkan waktu yang lebih sedikit..

Berdasarkan hasil penelitian, maka penulis merekomendasikan berupa saran untuk melakukan pembuatan isolator pada permukaan elemen pemanas untuk meminimalkan perpindahan kalor dari elemen pemanas ke lingkungan yang akan mengganggu sistem pemanas pada magnetic stirrer multi hot plate.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hariza Faisal, Wildian, Meqorry Yusfi, "Rancang Bangun Magnetic Stirrer Berbasis Mikrokontroler AT89S52 Dengan Pengaturan Waktu Melalui Keypad". Universitas Andalas, 2013.
- [2] Lalu Patria Irsyad, Yudianingsih, Sri Lestari, "Perancangan Alat Magnetic Stirrer Dengan Pengaturan Kecepatan Pengaduk Dan Pengaturan Waktu Pengadukan". Universitas Respati Yogyakarta, 2016.
- [3] Asdel Herdi Alfahrysi, "Rancang Bangun Pengaduk Dan Pemanas Zat Kimia Bersifat Non Logam Berbasis Mikrokontroler". Politeknik Negeri Padang, 2016.
- [4] Adisal Krisnatal, "Studi Sistem Pengaduk Berbasis Magnet Dan Pemanas Fluida Dengan Menggunakan Mikrokontroler", Universitas Telkom, 2017.
- [5] Augesta Nanda Pradana, "Stirrer Magnetic Hot Plate Dilengkapi Sensor Infrared". Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Surabaya, 2016.
- [6] Muhammad Aulia Rahman, "Rancang Bangun Hotplate Stirrer Magnetik Terkendali Temperatur dan Kecepatan Pengaduk". Universitas Indonesia, 2011.
- [7] R. Hari Sudhan, M. Ganesh Kumar, A. Udhaya Prakash, S. Anu Roopa Devi, P. Sathiya, "Arduinio ATmega328 Microcontroller". Saranathan College of Engineering, 2015.
- [8] Agung S. Majid, "Pengontrolan Temperatur Menggunakan Metode Kontrol PID Berbasis Mikrokontroler AT90S8515". Universitas Diponegoro, 2012.
- [9] Aprimaijon, "Analisa Kerja Pulse Width Modulation Pada Pengendali Tegangan Motor DC". Universitas Negeri Islam Sultan Syarif Kasim Riau, 2011.
- [10] Syahrial Nurul Huda, "Rancang Bangun Sistem Pengendali Temperatur Furnace Dengan Menggunakan Sensor Termokopel Tipe-K Berbasis Mikrokontroler ATmega 16". Universitas Indonesia, 2011.