

Otomatisasi Suhu dan Waktu pada *Thermal Milling Machine* Berbasis Mikrokontroler

Renold S. Aji^{a*}, Boni P. Lapanoro^a, Asifa Asri^a
^aProdi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura
*Email : ajirenold@gmail.com

Abstrak

Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan otomatisasi sistem berupa suhu dan waktu pada *thermal milling machine* berbasis mikrokontroler. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa alat dapat mengukur suhu dengan *error* maksimal sebesar 3%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik dan stabil. Perancangan sistem menggunakan beberapa komponen utama, yaitu sensor suhu termokopel, RTC, dan mikrokontroler ATmega328. Pengujian alat dilakukan dengan memberi input suhu dan waktu pada *thermal milling machine*. Sistem yang dirancang dapat mengatur suhu dari 35°C sampai 300°C dengan waktu kerja alat hingga 120 menit.

Kata Kunci : *thermal milling machine*, mikrokontroler, suhu.

1. Latar Belakang

Thermal milling merupakan salah satu proses pengadukan material dengan bahan material lain yang memerlukan energi panas. *Thermal milling* biasanya digunakan untuk pabrikan polimer bulir katalis. Salah satu di antaranya adalah teknik fotokatalisis menggunakan material semikonduktor TiO₂ sebagai material katalis yang dikenai cahaya matahari sebagai sumber foton. Teknik ini mempunyai keunggulan yaitu dapat diterapkan langsung ke badan air tanpa memerlukan instalasi khusus, di samping sifat oksidasinya yang kuat, tidak membentuk senyawa baru yang beracun, ikatan kimianya stabil terhadap cahaya dan tidak larut dalam air[1].

Penelitian serupa tentang perancangan alat *thermal milling* telah dilakukan sebelumnya. Penelitian tersebut dilakukan oleh Aliah (2015) dan Rokayah (2018), dimana alat *thermal milling* yang dirancang menggunakan oven listrik sebagai komponen pemanasnya dan *milling cylinder* sebagai tempat pengadukannya. Alat *thermal milling* yang ada saat ini berupa oven listrik yang ditambah *milling cylinder* sebagai wadah pengaduk sampel. Pengaturan suhu dan waktu kerja alat pada alat ini masih manual menggunakan pengaturan yang ada pada oven. Namun pengaturan yang ada pada oven terbatas untuk beberapa pilihan[2].

Pada penelitian ini telah dilakukan penelitian tentang perancangan sistem otomatisasi suhu dan waktu pada alat *thermal milling machine*. Alat yang dirancang memiliki beberapa keterbaruan yaitu, menggunakan mikrokontroler sebagai pengontrol suhu dan lama waktu kerja alat *thermal milling machine*. Alat yang dirancang juga dilengkapi dengan LCD *touchscreen* yang dapat menampilkan suhu dan

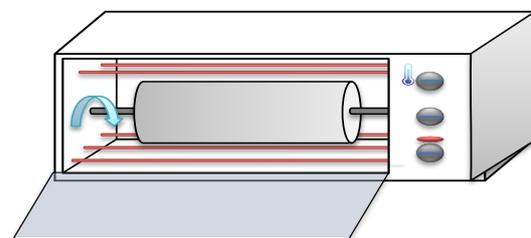
waktu secara *real time* saat alat bekerja. Selain itu, LCD *touchscreen* juga digunakan untuk mengatur suhu dan waktu yang akan digunakan.

2. Metodologi

Penelitian dilakukan pada bulan April 2019 hingga Juli 2019 di Laboratorium Fisika Lanjut Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.

2.1. Perancangan *Thermal Milling Machine*

Perancangan *thermal milling machine* dilakukan untuk membuat model rancangan *thermal milling machine* yang akan dibuat. Rancangan yang dibuat terdiri dari *milling cylinder* sebagai wadah dan oven listrik tipe cosmos CO-9925 dengan kapasitas 25 L. Rancangan *thermal milling machine* dapat dilihat pada Gambar 1.

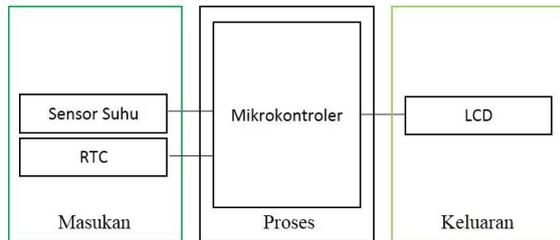


Gambar 1. Rancangan *thermal milling machine*

Gambar 1. merupakan *thermal milling machine* menggunakan oven listrik yang ditambah *milling cylinder* sebagai wadah sampel. Rancangan tersebut ditambah sistem elektronik yang berfungsi sebagai sistem kontrol dari *thermal milling machine*.

2.2. Perancangan Sistem Elektronik

Perancangan sistem elektronik merupakan salah satu bagian terpenting dari penelitian ini. Dengan perancangan sistem elektronik yang baik, maka dapat menghasilkan sebuah alat yang baik pula. Sistem elektronik yang dirancang terdiri dari sensor termokopel tipe k, modul SD Card, modul RTC (*Real Time Clock*), dan sistem keseluruhannya. Dari beberapa jenis perancangan tersebut digambarkan dalam sebuah diagram blok sistem elektronik yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan sistem elektronik

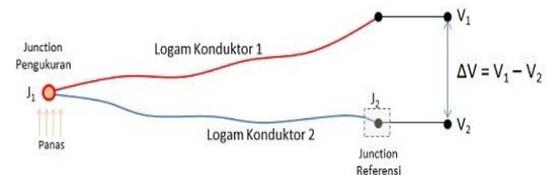
Gambar 2. Memiliki 5 bagian berbeda yaitu mikrokontroler ATmega328, sensor termokopel, RTC, relay, dan LCD. Masing-masing bagian memiliki fungsi yang berbeda. Adapun penjelasan masing-masing bagian adalah sebagai berikut:

- Sensor termokopel, berfungsi sebagai detector suhu pada *thermal milling machine*.
- ATmega328, berfungsi sebagai pengontrol sistem pada *thermal milling machine*.
- LCD, berfungsi untuk menampilkan data hasil pengukuran suhu dan waktu kerja alat secara *real time*.

Mikrokontroler ATmega328 yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai pengontrol utama pada sistem otomatisasi *thermal milling machine*. Mikrokontroler ATmega328 merupakan salah satu keluaran atmel yang,

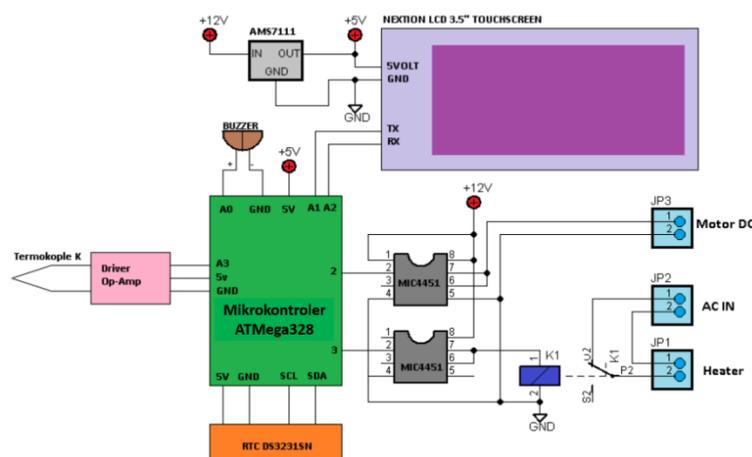
mempunyai arsitektur *Reduce Instruction Set Computer* (RISC), arsitektur yang memiliki banyak register dan memiliki sedikit jumlah instruksi[3].

Sensor suhu yang digunakan adalah termokopel tipe k yang mampu mengukur suhu dari -200 °C hingga 1250 °C. Sensor ini mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek "Thermo-electric". Beberapa kelebihan termokopel yang membuatnya sering digunakan adalah responnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas, yaitu berkisar antara - 200°C hingga 2000°C. Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas, termokopel juga tahan terhadap guncangan (getaran) dan mudah digunakan. Prinsip kerja termokopel cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas. Untuk lebih jelas mengenai prinsip kerja termokopel, dapat dilihat pada Gambar 3.



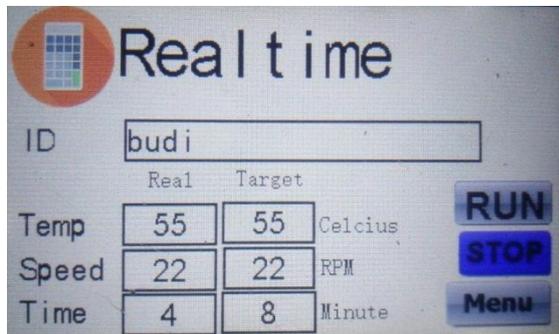
Gambar 3. Prinsip kerja termokopel [4]

Secara keseluruhan rangkaian utama sistem otomatisasi *thermal milling machine* ditunjukkan pada Gambar 4. Rangkaian tersebut merupakan gabungan dari beberapa sistem elektronik lainnya seperti sensor suhu, LCD, mikrokontroler, relay dan RTC.



Gambar 4. Rangkaian utama sistem otomatisasi

Alat yang dibuat dibekali teknologi terkini yakni LCD *touchscreen* yang difungsikan untuk menampilkan data pengukuran nilai suhu, kecepatan putar silinder, dan lama waktu alat bekerja. Selain daripada itu, LCD *touchscreen* juga dapat digunakan sebagai media untuk mengatur parameter-parameter yang dibutuhkan sebelum alat mulai bekerja. Bentuk tampilan dari layar LCD dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Bentuk tampilan layar LCD

Agar sistem pengaturan suhu dapat bekerja dengan baik, maka digunakan relay sebagai aktuator. Dimana relay sebagai saklar elektronik yang dapat membuka atau menutup rangkaian listrik yang mengalir untuk menghidupkan pemanas pada *thermal milling machine*. Sebuah relay terdiri dari kumparan, pegas, saklar, dan 2 kotak elektronik (*normally close dan normally open*) [5]. Gambar 6 merupakan bentuk fisik dari relay.



Gambar 6. Bentuk fisik relay

Penggunaan RTC (*real time clock*) pada penelitian ini agar dapat menampilkan waktu dari kerja *thermal milling machine*. RTC yang digunakan adalah DS1307. Dimana RTC merupakan serial RTC dengan konsumsi daya rendah yang dapat menyediakan waktu dan penanggalan secara *real time*. Gambar 7. Merupakan bentuk fisik dari RTC.



Gambar 7. Bentuk fisik RTC [6]

2.3. Pengujian Sensor Termokopel

Pengujian sensor suhu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan dan uji kestabilan sensor suhu. Pengujian sensor suhu dilakukan dengan cara mengukur suhu pada alat menggunakan sensor dan alat ukur suhu, yaitu termometer digital. Suhu yang digunakan dalam pengujian dimulai dari 30°C sampai 100°C. Hasil pengukuran antara sensor suhu dan termometer digital diplot ke dalam sebuah grafik menggunakan bantuan Microsoft Excel. Dari grafik tersebut dapat diperoleh nilai koefisien korelasi yang merupakan persamaan data pendekatan antara kedua alat ukur yang digunakan.

2.4. Analisis Data

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian yang telah dilakukan, alat yang dirancang dapat dikatakan dalam keadaan baik, jika seluruh sistem dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Selain itu, yang tidak kalah pentingnya adalah data hasil kalibrasi sensor yang dirancang tidak memiliki nilai *error* lebih dari 10% dari alat ukur standar yang digunakan.

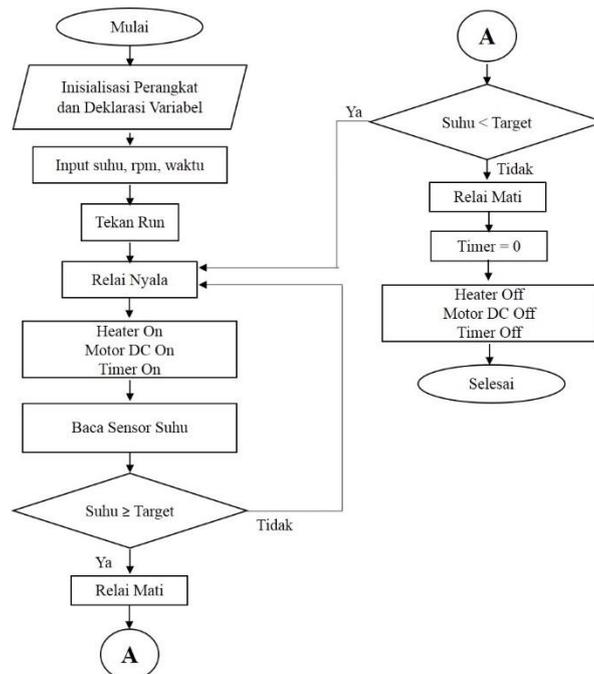
Analisis *error* ditekankan pada hasil perancangan alat dan tingkat akurasi data sensor yang digunakan terhadap alat ukur standar. Adapun analisis yang dilakukan dengan membandingkan nilai suhu antara alat yang dirancang terhadap termometer digital. Semakin kecil nilai *error* maka semakin akurat data pengukuran. Adapun nilai *error* dihitung menggunakan persentase nilai *error* yang diberikan pada Persamaan (1).

$$\text{error}\% = \left[\frac{f_i - x_i}{x_i} \right] 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

x_i = Data pengukuran alat ukur

f_i = Data pengukuran Sensor



Gambar 8. Diagram alir sistem kerja alat

2.5. Sistem Kerja Alat

Sistem kerja alat merupakan urutan langkah kerja alat. Sistem kerja alat ditampilkan dalam bentuk diagram alir sistem kerja alat seperti pada Gambar 8.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Rancangan Alat

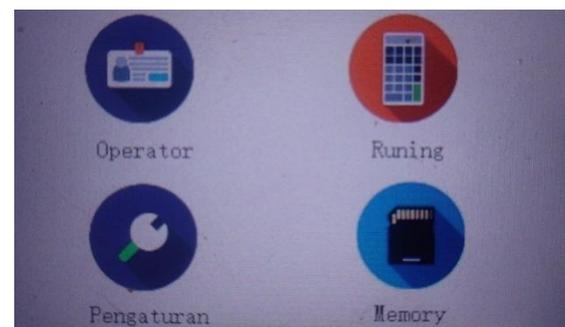
Thermal milling machine telah berhasil dirancang dengan sistem terotomatisasi berbasis mikrokontroler seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Alat yang telah berhasil dibuat memiliki kemampuan untuk mengatur suhu dan waktu sesuai dengan pengaturan yang telah di set sebelum alat *thermal milling* bekerja.



Gambar 9. Tampilan thermal milling machine

Dalam sistem kontrol alat *thermal milling* dilengkapi dengan layar LCD *touchscreen* yang dapat digunakan oleh pengguna sebagai media interaktif antara pengguna dengan alat.

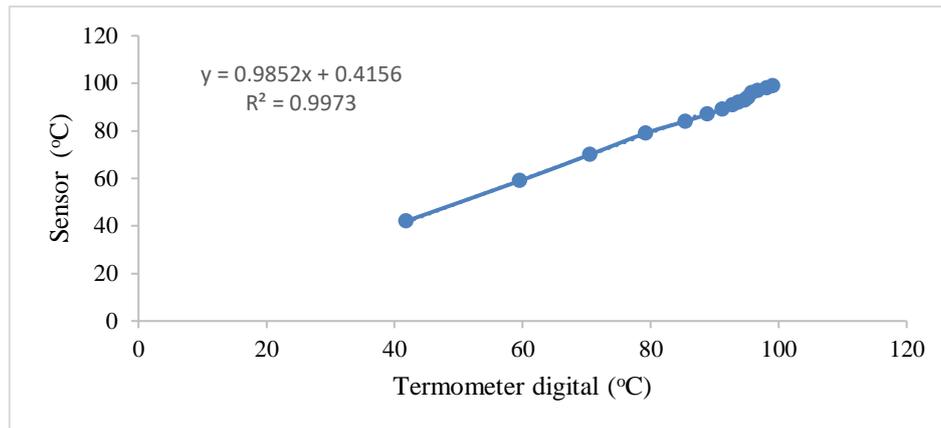
Tampilan layar LCD *touchscreen* memiliki beberapa menu yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan menu pada layar LCD

Gambar 10. memiliki 4 bagian menu yang dapat digunakan oleh pengguna sesuai dengan kebutuhan. Adapun fungsi dari 4 bagian menu tersebut sebagai berikut:

- Menu Operator berfungsi untuk menggunakan alat dengan pengaturan berbeda-beda.
- Menu Runing berfungsi untuk menjalankan alat dengan memilih data pengguna.
- Menu Pengaturan berfungsi sebagai pengaturan data pengguna yang akan disimpan pada SD card.
- Menu Memory berfungsi untuk melihat data yang tersimpan pada Sd card.



Gambar 11. Hasil pengujian sensor suhu

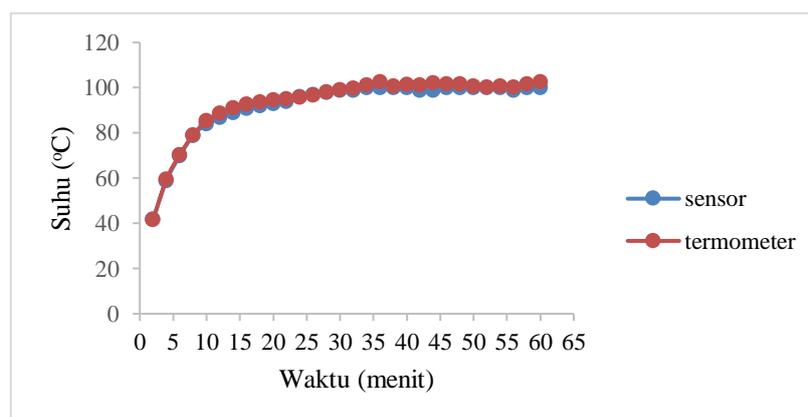
3.2. Hasil Pengujian Sensor

Sensor suhu termokopel digunakan untuk mengukur suhu pada oven saat alat thermal milling bekerja. Proses pengujian sensor suhu termokopel dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari sensor dengan alat ukur suhu standar, yaitu thermometer digital sanwa CD772. Selain itu pengujian sensor termokopel juga ditujukan untuk mengetahui tingkat keakuratan pembacaan sensor. Pengujian sensor termokopel dilakukan dengan melihat perubahan suhu dari suhu 40°C sampai dengan suhu 100°C dengan rentang waktu dari 2 menit sampai dengan 30 menit. Pengujian sensor termokopel menunjukkan hasil yang cukup baik yang dapat dilihat pada Gambar 11.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor termokopel dapat mengukur suhu dengan tingkat akurasi yang baik. Hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi (r) pengukuran mencapai 0,99.

Setelah dilakukan pengujian sensor, kemudian dilakukan pengujian kembali pada rangkaian yang sama untuk melihat proses pengujian yang telah dilakukan berhasil. Hasil pengujian sensor ditunjukkan pada Gambar 12.

Pengujian sensor termokopel yang telah dilakukan mendapatkan hasil yang cukup baik. Dari Gambar 12. dapat dilihat bahwa tingkat keakuratan sensor dalam pembacaan nilai suhu sangat sensitif dan nilainya cukup stabil. Prinsip kerja sensor termokopel terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan pada ujungnya. Satu jenis logam konduktor pada termokopel berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan kawat konduktor yang satu lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas. Ketika persimpangan yang terhubung dalam rangkaian diberikan suhu panas atau dihubungkan ke objek pengukuran, maka akan terjadi perbedaan suhu diantara dua persimpangan tersebut, yang kemudian menghasilkan tegangan yang nilainya sebanding dengan suhu yang diterimanya. Tegangan tersebut kemudian dikonversikan sesuai tabel referensi yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan pengukuran suhu sebenarnya. Dari hasil pengujian sensor suhu termokopel didapatkan nilai *error* maksimal dari sensor suhu termokopel sebesar 3%.



Gambar 12. Hasil Pengujian Sensor Suhu

Pengujian sesor termokopel dilakukan dengan menset nilai suhu sebesar 100°C dan waktu kerja dari *thermal milling machine* selama 60 menit. Dari hasil yang didapat pada gambar 12. menunjukkan hasil pembacaan sensor termokopel cukup baik dan cukup stabil. Pengujian dilakukan dari menit pertama dengan kelipatan 5 menit. Gambar 12. juga menunjukkan bahwa suhu pada *thermal milling machine* mulai stabil pada menit ke 30.

3.3. Hasil Pengujian Alat

Pengujian alat yang dirancang secara keseluruhan dilakukan untuk memastikan bahwa semua sistem yang telah dirancang dapat bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing. Pengujian dilakukan dengan mencoba menjalankan alat untuk bekerja. Dalam pengujian ini akan dilihat apakah semua sistem seperti sistem kontrol, sistem penampil LCD, sistem pengukuran dan sistem RTC yang telah dirancang sudah dapat bekerja dengan baik atau belum. Setelah semua sistem dipastikan dapat bekerja sesuai dengan fungsinya, maka dilakukan percobaan untuk menjalankan alat dengan memberi perintah pada alat sesuai perintah yang diinginkan. Jika alat dapat bekerja sesuai perintah yang diberikan maka alat dianggap berhasil dirancang. Pengujian alat dilakukan dengan menjalankan alat pada semua menu yang terdapat pada alat. Adapun hasil pengujian alat sebagai berikut:

a. Menu Operator

Pengujian pada menu operator dilakukan untuk melihat apakah menu operator dapat menjalankan perintah yang diberikan dengan baik. Hasil dari pengujian menu operator dapat dilihat pada Gambar 13.

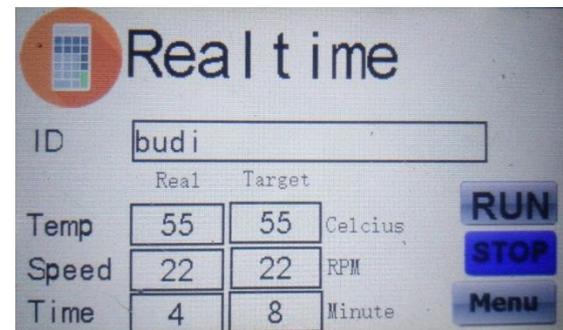


Gambar 13. Hasil pengujian menu operator

Gambar 13. adalah hasil pengujian menu operator dimana pengujiannya dilakukan dengan memberi perintah pada kolom target dan untuk menjalankan perintah dengan menekan tombol RUN. Dari hasil pengujian, menu operator dapat menjalankan perintah yang diberikan dengan baik

b. Menu Runing

Pada percobaan menu *running* yang telah dilakukan, alat dapat bekerja sesuai perintah, hasil dari percobaan menu runing dapat dilihat pada Gambar 14.

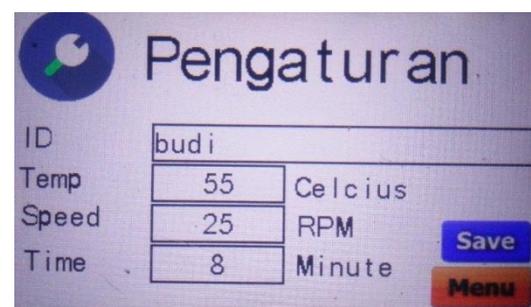


Gambar 14. Hasil pengujian menu runing

Gambar 14. merupakan hasil dari pengujian menu runing dimana pengujiannya dilakukan dengan menjalankan salah satu ID konfigurasi. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa menu runing dapat menjalankan perintah dengan baik.

c. Menu Pengaturan

Pengujian menu pengaturan dilakukan untuk melihat apakah menu pengaturan dapat bekerja dengan baik. Pengujian pada menu pengaturan dilakukan dengan menginput data ID, suhu, rpm, dan waktu yang akan disimpan di dalam memori yang sudah disediakan. Hasil dari pengujian menu pengaturan dapat dilihat pada Gambar 15.

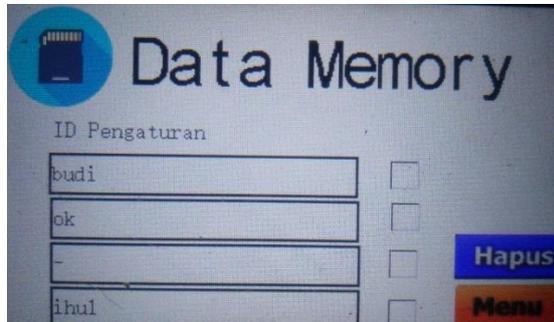


Gambar. 15. Hasil pengujian menu pengaturan

Gambar 15. menunjukkan bahwa menu pengaturan dapat bekerja dengan baik. Pada kolom ID dapat diisi dengan nama pengguna alat, pada kolom suhu dapat diisi dengan nilai suhu yang diinginkan, kemudian pada kolom rpm dapat diisi dengan nilai rpm yang ditetapkan, dan pada kolom waktu dapat diisi dengan lamanya waktu yang akan digunakan untuk menjalankan alat. Data yang sudah diinput pada menu pengaturan akan tersimpan pada kartu memori dan dapat dilihat pada menu memori.

d. Menu *Memory*

Pengujian menu *memory* dilakukan untuk melihat apakah menu *memory* dapat bekerja dengan baik. Pengujian menu *memory* dilakukan dengan melihat apakah data yang tersimpan didalam *memory* dapat ditampilkan dan dapat dihapus oleh menu *memory*. Hasil dari pengujian menu *memory* dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Hasil pengujian menu *memory*

Gambar 16. merupakan hasil pengujian pada menu *memory* dimana dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa menu memori dapat bekerja dengan baik. Data yang tersimpan dalam kartu *memory* dapat ditampilkan pada menu *memory* dan data yang tidak digunakan lagi dapat dihapus oleh menu *memory*.

4. Kesimpulan

Telah berhasil dilakukan otomatisasi sistem berupa suhu dan waktu pada thermal milling machine berbasis mikrokontroler. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa alat dapat mengukur suhu dengan *error* sebesar 3%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik dan stabil. *Thermal milling machine* dapat bekerja pada suhu 35°C sampai 300°C dengan waktu kerja hingga 120 menit.

Daftar Pustaka

- [1] Aliah, H., Setiawan, A., M. & Abdullah, M., 2015. Rancang Bangun Peralatan Thermal Milling Untuk Pabrikasi Bulir Polimer Berlapis Fotokatalis TiO₂. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 11(2), pp. 186-192.
- [2] Rokayah. 2018. Fotodegradasi Air Sungai Landak dengan Polimer Polipropilena Berfotokatalis TiO₂, Pontianak: Program Sarjana Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
- [3] Baaret, S.F., 2013, *Arduino Microcontroller Processing for Everyone! Third Edition. A Publication in the Morgan & Claypool Publishers series.*

- [4] Omega Engineering, 2018. Revised Thermocouple Reference Tables. [Online] Tersedia di: <https://www.omega.com/temperature/Z/pdf/z204-206.pdf> [Diakses 5 Oktober 2018].
- [5] Atmaja, F.Y., 2010, Otomatisasi Kran Dan Penampung Air Pada Tempat Wudhu Berbasis Mikrokontroler, Program Diploma III Ilmu Komputer Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret, Surakarta. (Tugas Akhir).
- [6] Fatoni, M., Harianto dan Wibowo, M. C., 2013, Rancang Bangun Absensi Mahasiswa Menggunakan RFID Dengan Komunikasi Terpusat. *Jcones* Vol. II No.2 : 43-50.