

Rancang Bangun Timbangan Otomatis Granula Obat Industri Farmasi

Natasyah Andini¹, La Ode Ansyarullah S. Sagala², Ridia Utami Kasih³, Muhammad Sainal Abidin⁴

^{1,2,4}D-III Teknologi Elektro-Medis, Universitas Mandala Waluya

³Kesehatan Masyarakat, Universitas Mandala Waluya

^{1,2,3,4}Jl.Jend. A.H Nasution Kota Kendari 93231

Corresponding author: Author (e-mail: natasyaharif013@gmail.com)

Abstrak

Kesalahan dalam pengobatan (*Medication Error*) menjadi salah satu bentuk kesalahan manusia terutama pada fase *dispensing*, yaitu tahapan penyiapan hingga penyerahan obat kepada pasien. Salah satu kesalahan yang sering terjadi adalah kelalaian dalam menimbang dosis obat yang dapat mengakibatkan dosis obat melebihi atau kurang dari yang seharusnya, sehingga beresiko fatal terhadap kesehatan pasien. Dalam bidang farmasi, granula merupakan salah satu bentuk sediaan obat yang membutuhkan proses penimbangan. Penimbangan granula umumnya masih dilakukan secara manual menggunakan neraca analitik dan memiliki potensi terjadinya *medication error*. Oleh karena itu, dilakukan perancangan sebuah alat untuk mempermudah tenaga farmasi dalam melakukan penimbangan secara otomatis, terutama dalam skala besar serta dapat meminimalisir *medication error*. Perancangan alat ini dalam meminimalisir terjadinya *medication error* sudah sangat baik. Namun, kinerja alat ini masih bisa dilakukan pengembangan atau ditingkatkan. Pengujian kinerja alat dilakukan dengan memasukkan granula ke dalam wadah berbentuk corong (*hopper*). Ketika alat diaktifkan, keberadaan wadah akan terdeteksi oleh sensor fotodiode. Selanjutnya, proses penimbangan otomatis dimulai, dimana *load cell* mengukur berat granula yang jatuh ke dalam wadah. Ketika berat granula mencapai nilai yang telah ditentukan, motor *servo* akan menutup aliran granula dari *hopper*. Seluruh proses pengujian dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega328, dan hasil pengukuran ditampilkan pada LCD. Pengujian dilakukan pada rentang massa 200 hingga 1000 mg. Hasil pengujian kinerja alat menunjukkan tingkat kesalahan (*error*) sebesar 2,33% dan tingkat keakuratan sebesar 97,67% jika dibandingkan dengan neraca analitik, dengan selisih yang sangat kecil.

Kata Kunci : Medication Error, Granula, Hopper, Mikrokontroler, Fotodiode, Motor Servo, Load Cell

Design and Construction of an Automatic Granule Scale for the Pharmaceutical Industry

Abstract

Medication error is one of the most common forms of human error, particularly during the dispensing phase, which includes the preparation and delivery of medications to patients. One frequently encountered error is negligence in weighing drug dosages, which may result in overdosing or underdosing and can pose serious risks to patient health. In the pharmaceutical field, granules are one form of drug dosage that requires precise weighing. Granule weighing is generally still performed manually using an analytical balance, which presents a potential risk for medication errors. Therefore, an automatic weighing device was designed to assist pharmaceutical personnel in performing the weighing process more efficiently, particularly for large-scale applications, and to minimize the occurrence of medication errors. The performance evaluation of the developed device was conducted by introducing granules into a funnel-shaped container (*hopper*). When the device is activated, the presence of the container is detected by a photodiode sensor. Subsequently, the automatic weighing process begins, in which a load cell measures the weight of the granules falling into the container. Once the granule weight reaches the predetermined value, a servo motor closes the granule flow from the hopper. The entire testing process is controlled by an ATmega328 microcontroller, and the measurement results are displayed on an LCD. The performance test was conducted over a mass range of 200 to 1000 mg. The experimental results demonstrate that the developed device achieves an average error of 2.33% and an accuracy of 97.67% when compared with an analytical balance, indicating that the measurement difference is relatively small.

Keywords : Medication Error, Granula, Hopper, Mikrokontroler, Fotodiode, Motor Servo, Load Cell

I. PENDAHULUAN

Pelayanan dan pemberian obat yang tidak tepat atau *Medication Error* adalah salah satu kejadian yang dapat membahayakan pasien dan seharusnya dapat di minimalisir. *Medication Error* sampai saat ini tetap

menjadi salah satu permasalahan kesehatan yang banyak menimbulkan berbagai dampak bagi pasien mulai dari resiko ringan yang paling parah yaitu menyebabkan kematian [1]. Pemberian dosis obat yang salah, baik yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi, dapat membawa dampak serius bagi pasien. Dosis yang terlalu rendah

(*underdosing*) membuat pengobatan tidak efektif, memperburuk kondisi pasien, dan berisiko memicu resistensi, terutama pada antibiotik. Sebaliknya, dosis yang terlalu tinggi (*overdosing*) dapat menyebabkan keracunan, kerusakan organ seperti hati atau ginjal. Oleh karena itu, akurasi dalam pemberian dosis obat sangat penting untuk keselamatan pasien dan efisiensi layanan kesehatan [2].

Penimbangan massa granula obat adalah proses penting dalam industri farmasi. Proses ini umumnya menggunakan neraca analitik digital untuk menjamin ketetapan dosis. Banyak proses penimbangan masih dilakukan secara manual, sangat rentan terhadap kesalahan manusia, serta memerlukan waktu yang lebih lama [3]. Penimbangan massa obat juga dilakukan pada obat racikan puyer yang dibagi ke dalam beberapa dosis dengan massa yang seragam [4]. Namun, metode ini memerlukan waktu yang cukup lama apabila dilakukan dalam skala besar, seperti pada industri farmasi, sebelum obat diserahkan kepada produsen atau konsumen

Teknologi otomatisasi pada awalnya secara luas didefinisikan sebagai penggunaan sistem kontrol yang dapat secara mandiri memindahkan struktur mekanis (manipulator) tanpa campur tangan manusia [5]. Pengimplementasian sistem otomatis telah banyak diterapkan pada berbagai alat medis untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi kerja, salah satu alat kesehatan yang menggunakan sistem otomatisasi adalah alat sterilisator otomatis yang dirancang oleh [6].

Penelitian membahas neraca digital dengan *system* BSA yang bertujuan untuk menimbang dosis obat secara digital untuk menghindari resiko pemberian dosis terlalu rendah (*lowdose*) maupun berlebih (*Overdose*) yang dapat membahayakan pasien terutama anak-anak. kesalahan tersebut umumnya disebabkan oleh faktor kesalahan manusia, sehingga dikembangkan timbangan digital untuk penghitungan dosis obat anak berdasar umur, berat, dan BSA (*Body Surface Area*) Dengan tingkat keakurasian mencapai 98% dengan persentase kesalahan 2% jika dibandingkan dengan menggunakan timbangan analog [7]. Penelitian [8] menggunakan *load cell* untuk mengukur berat obat serta RTC sebagai penanda waktu konsumsi obat. Pengembangan sistem takar obat serbuk (puyer) berbobot seragam sebagai bentuk otomatisasi untuk mempercepat dan meningkatkan akurasi pembagian obat di rumah sakit maupun apotek [9].

Pengontrol menggunakan mikrokontroler pada rangkaian dan rancangan alat telah banyak dilakukan salah satunya oleh [10] yang merancang alat pengukur kadar hemoglobin *non-invasive* dengan mikrokontroler Atmega 328 sebagai pengendali utama. Selain itu pengontrolan *heater* secara otomatis pada korset hangat

elektrik untuk penderita nyeri haid juga dirancang menggunakan mikrokontroler Atmega 328 [11]. Penelitian tentang alat pengontrolan intensitas cahaya pada prototipe lampu operasi juga memanfaatkan mikrokontroler Atmega 328 sebagai pengendali utama dan beberapa komponen pendukung [12].

Berdasarkan uraian diatas, Penelitian ini memungkinkan pembuatan alat yang menerapkan sistem sensor dan mikrokontroler [13]. Salah satu sensor yang digunakan adalah *load cell*, yang berfungsi menghitung massa dari suatu benda dengan prinsip mengubah beban atau tekanan menjadi sinyal listrik [14]. Sinyal analog dari *load cell* memerlukan modul HX711 sebagai penguat dan *converter* ADC agar sinyal dapat dibaca oleh mikrokontroler [15]. Dengan demikian, *load cell* dan modul HX711 ini digunakan untuk pengukuran massa granula obat. Pengendalian alat dilakukan oleh mikrokontroler Atmega 328 sebagai pengontrol utama. Sensor tambahan berupa *photodiode* digunakan mendeteksi keberadaan wadah berdasarkan perubahan intensitas cahaya jika cahaya terhalang oleh wadah maka sinyal berkurang dan sebaliknya [16]. Motor berperan sebagai aktuator penggerak otomatis [17] berfungsi membuka dan menutup laju aliran granula dari *hooper* ke wadah.

II. METODE PENELITIAN

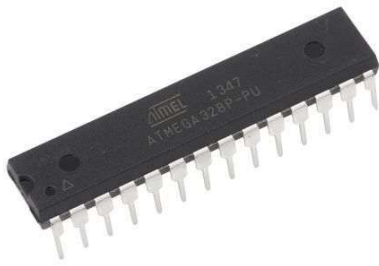
Penelitian ini merupakan penelitian pembuatan alat yang dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan tersebut meliputi penyiapan alat dan bahan, perancangan diagram blok, perancangan perangkat keras (*hardware*) serta perancangan perangkat lunak (*software*). *Hardware* diawali dengan pembuatan skematik rangkaian dan dilanjutkan dengan perakitan komponen elektronika. Selanjutnya *software* dikembangkan menggunakan aplikasi Arduino IDE dengan menggunakan bahasa pemrograman C++.

A. Alat dan Bahan

Pada penelitian ini alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan alat adalah :

a) ATMega328

Sistem ini berfungsi untuk menimbang massa granula obat secara otomatis hasil pengukuran yang di hasilkan sesuai dengan *settingan* awal yaitu jumlah massa granula obat sesuai yang dibutuhkan. Modul ini menggunakan sumber 3,7 V.

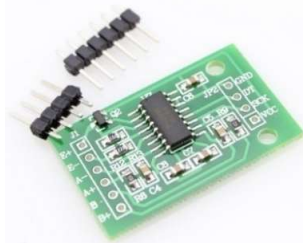


Gambar 1. Atmega 328

Atmega 328 merupakan mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang mana setiap proses eksekusi data lebih cepat [18]. Gambar 1 memperlihatkan bentuk dari mikrokontroler Atmega 328.

b) HX711

Pengukuran massa granula obat menggunakan sensor *load cell* yang terhubung dengan modul HX711. Modul HX711 dapat dilihat pada Gambar 2, dimana penggunaan modul ini untuk mengkonversi data keluaran dari *load cell* yang masih analog menjadi sinyal digital [19].



Gambar 2. Modul HX711

c) Motor Servo

Motor *servo* digunakan sebagai penggerak otomatis untuk membuka dan menutup laju aliran granula dari *hooper* ke wadah dapat dilihat pada Gambar 3. Pada motor *servo* arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian sinyal kontrolernya [20].



Gambar 3. Motor Servo

d) Sensor Photodiode

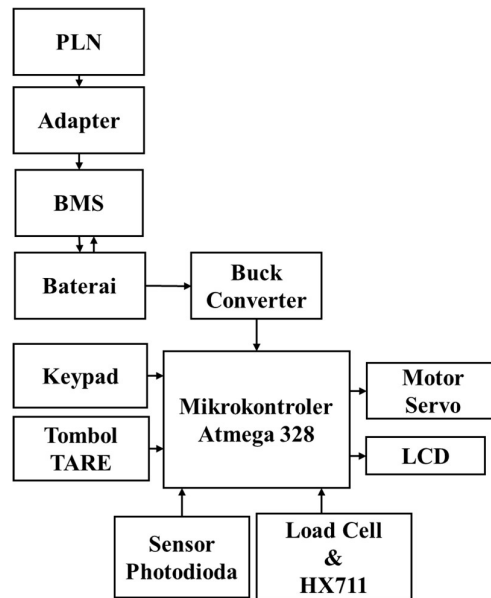
Sensor *photodiode* berfungsi untuk mendeteksi wadah dapat dilihat pada Gambar 4, Sensor ini mengalami perubahan nilai resistansi antara terminal anoda dan katoda ketika terkena cahaya. Nilai resistansi photodiode akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya yang diterima, dan sebaliknya, resistansi akan meningkat ketika intensitas cahaya yang diterima berkurang [21].



Gambar 4. Sensor Photodiode

B. Blok Diagram

Pembuatan sistem diawali dengan perancangan blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 5, sebagai dasar menentukan koneksi antar setiap komponen yang digunakan.



Gambar 5. Blok Diagram

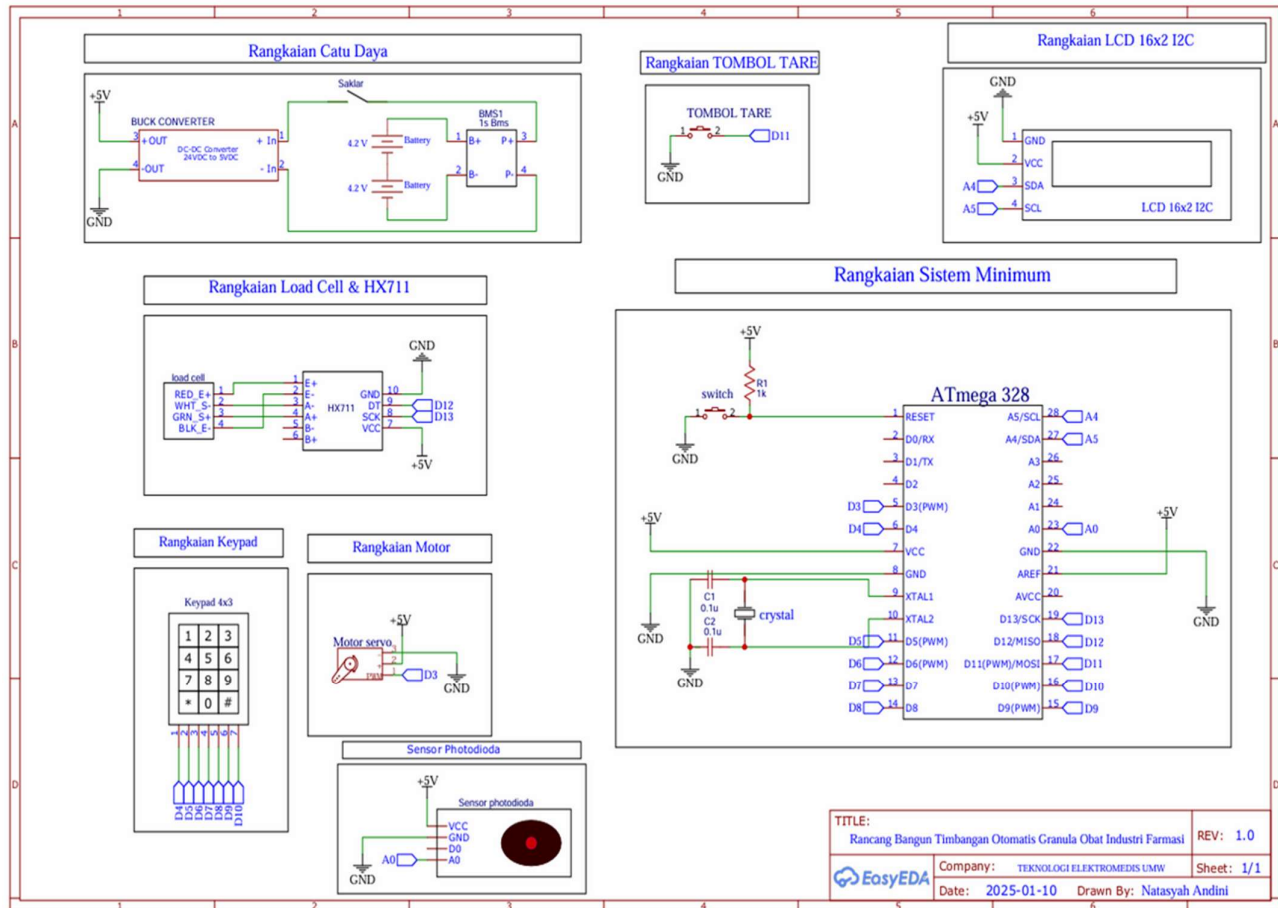
Sumber daya berasal dari PLN yang dihubungkan ke adaptor dan dilanjutkan ke modul pengisian daya BMS untuk mengisi baterai sebagai sumber Tegangan.

Tegangan dari baterai dilewatkan ke *Buck Converter* untuk menurunkan tegangan yang diperlukan. Mikrokontroler ATmega328 menjadi pusat pengendalian sistem, kemudian sensor *photodiode* berfungsi untuk mendeteksi ada atau tidaknya wadah lalu terdapat keypad untuk memasukkan massa obat sesuai kebutuhan dan tombol *Tare* berfungsi untuk mengubah pengukuran berat wadah menjadi nol serta tombol (*) pada keypad berfungsi sebagai tombol start. sensor *load cell* sebagai sensor berat juga dilengkapi dengan modul HX711 untuk mengubah sinyal analog *load cell* menjadi sinyal digital untuk dapat

diproses oleh mikrokontroler. Mikrokontroler juga mengontrol motor *servo* untuk bergerak membuka dan menutup aliran granula ke wadah Serta LCD digunakan untuk menampilkan data pengukuran.

C. Skematik Rangkaian

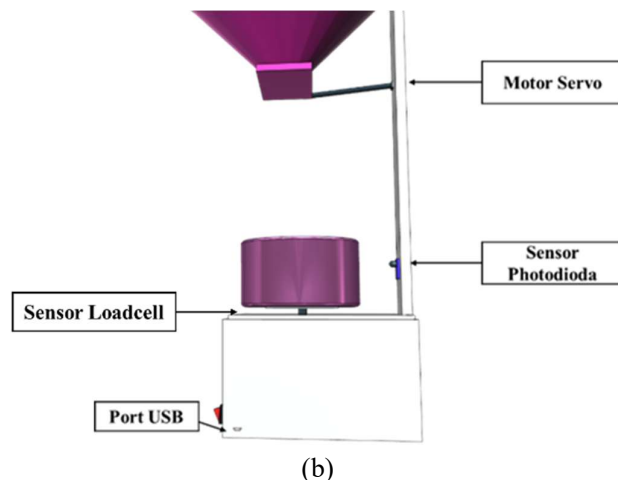
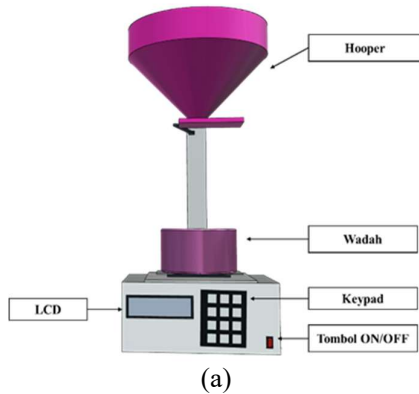
Blok diagram yang telah dirancang digunakan Sebagai acuan dalam pembuatan skematik rangkaian elektronika. Gambar 6. Skematik menggambarkan secara rinci hubungan antar komponen yang digunakan pada sistem.



Gambar 6. Skematik rangkaian keseluruhan alat

D. Desain Mekanik

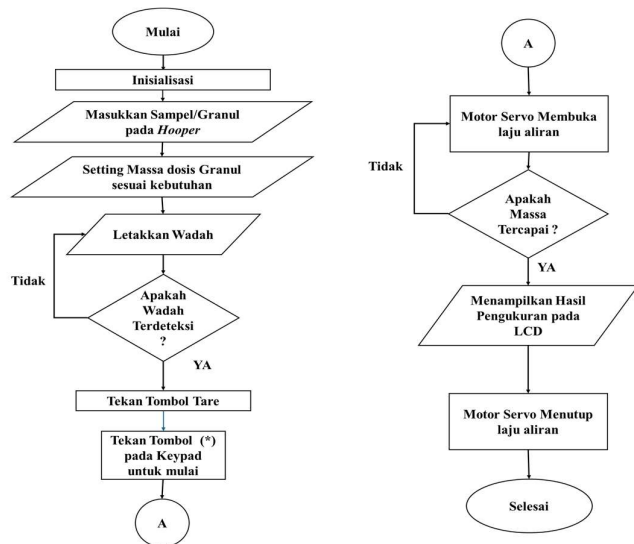
Desain keseluruhan alat timbangan otomatis granula obat industri farmasi menggambarkan susunan mekanik, elektronik, dan sistem kendali yang saling terintegrasi untuk menghasilkan proses penimbangan yang presisi. Rincian lebih lanjut mengenai spesifikasi teknis, fungsi dan posisi komponen dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. (a) Tampak depan alat, (b) Tampak samping alat

E. Diagram Alir Kerja Alat

Proses alur kerja alat dimulai dengan inialisasi sistem, diikuti dengan memasukkan sampel atau granula obat pada *hooper*, memasukkan massa dosis sesuai kebutuhan. Letakkan wadah sensor akan mendeteksi ada wadah atau tidak dan jika terdeteksi tekan tombol *tare* untuk menghilangkan berat wadah lalu tekan tombol (*) untuk memulai maka motor *servo* akan membuka aliran untuk mengisi granula ke wadah. Sistem akan memeriksa apakah massa yang diinginkan telah tercapai jika sudah, pengukuran *loadcell* akan ditampilkan pada LCD dan motor *servo* akan menutup laju aliran. Diagram alir kerja alat dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alir Kerja Alat

F. Standar Operasional Prosedur

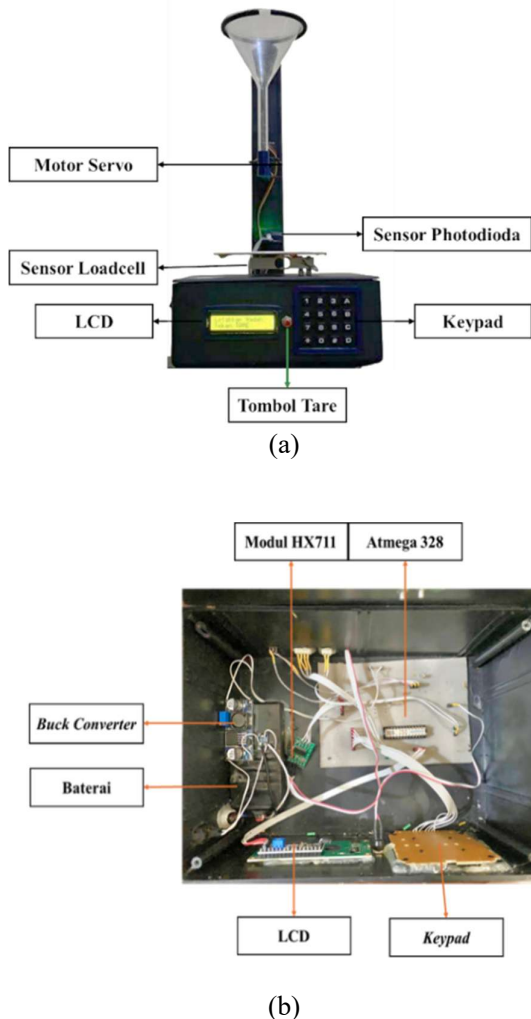
Pengoperasian alat timbangan otomatis granula obat industri farmasi dilakukan melalui beberapa langkah. Standar Operasional Prosedur (SOP) alat ini dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Menyiapkan sampel/granula secukupnya pada *hooper*.
- b. Menekan saklar *On/Off* ke posisi *On* untuk menghidupkan alat.
- c. Meletakkan wadah lalu sensor akan mendeteksi apakah ada wadah atau tidak.
- d. *Mensetting* massa dosis yang dibutuhkan dengan menekan *keypad*.
- e. Menekan tombol *Tare* untuk menghilangkan berat wadah.
- f. Menekan tombol (*) pada *keypad* untuk memulai.
- g. Motor akan bergerak membuka aliran granula ke wadah.
- h. *Load cell* akan mengukur berat granula yang jatuh ke wadah.
- i. Hasil berat granula yang diperoleh *load cell* akan terampil pada LCD.
- j. Jika telah mencapai berat sesuai *settingan* maka motor akan bergerak menutup kembali aliran granula
- k. Ulangi prosedur untuk massa dosis yang berbeda.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Hasil Rancang bangun alat timbangan otomatis industri farmasi dapat dilihat pada Gambar 9, berikut ini yang menampilkan tampak luar dan tampak dalam alat.



Gambar 9. (a) Tampak bagian luar alat, (b) Tampak bagian dalam

B. Analisa Data

Analisa data pada penelitian ini menggunakan persamaan (1) serta hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1, sebagai berikut :

$$Error (\%) = \frac{Massa\ Terukur - Nera}{Neraca} \times 100\% \quad (1)$$

Tabel 1. Analisa Data

No	Setting Massa (mg)	Massa Terukur (mg)	Neraca Analitik (mg)	Nilai Error (%)
1	200	204	201	1,49
2	300	316	302	4,64
3	400	425	422	0,71
4	500	534	520	2,69
5	600	618	582	2,49
6	700	737	742	-0,67
7	800	833	800	4,13
8	900	920	900	2,22
9	1000	1041	1008	3,27
Rata-rata Nilai Error (%)				2,33

C. Pembahasan

Rancang bangun timbangan otomatis granula obat industri farmasi ini dirancang dengan memanfaatkan berbagai komponen. Alat ini dilengkapi dengan sensor berat *Load cell* dengan kapasitas pengukuran beban maksimum 1 kg, serta mikrokontroler Atmega 328 sebagai sistem kendali utama. Perancangan timbangan otomatis ini bertujuan untuk mempermudah pekerjaan di bidang farmasi khususnya pada industri farmasi yang memerlukan proses penimbangan cepat dengan tingkat akurasi yang memadai dalam mengukur massa obat yang akan dikemas dalam jumlah besar.

Tahap awal perancangan dilakukan dengan merangkai sistem minimum berbasis mikrokontroler Atmega 328, dilengkapi komponen pendukung seperti kristal yang berfungsi sebagai sumber osilasi eksternal yang menentukan frekuensi kerja mikrokontroler agar perintah yang dijalankan stabil dan presisi, Kapasitor yang berfungsi untuk menstabilkan osilasi kristal serta dapat meredam *noise* dan menjaga tegangan agar tetap stabil dan resistor 1kΩ berfungsi sebagai *pull-up* pada pin reset. Sumber daya utama alat menggunakan dua buah baterai *lithium-ion* masing-masing tegangan baterainya 3,7V yang dirangkai seri. Sistem pengisian daya dilengkapi dengan modul *battery management system* (BMS) yang berfungsi sebagai modul pengisian daya serta dapat melindungi jika terjadi kondisi *overcharge* dan *overdischarge*. BMS digunakan karena memiliki kemampuan arus keluaran yang cukup besar (5-10A) sehingga mampu menyuplai kebutuhan arus motor *servo*.

Pengujian awal dilakukan uji fungsi yaitu dengan memasukkan sampel granula pada *hooper*, setelah saklar *on/off* diaktifkan, rangkaian elektronika memperoleh *supply* daya sehingga mikrokontroler Atmega 328 dan

seluruh komponen pendukung siap beroperasi. Wadah diletakkan pada posisi alat load cell, kemudian sensor *photodiode* bekerja dengan prinsip apabila intensitas cahaya yang sampai ke *photodiode* berkurang drastis maka arus yang dihasilkan rendah dan rangkaian mengenali sebagai kondisi ada wadah, apabila sensor *photodiode* mendeteksi keberadaan wadah hal itu sebagai syarat awal proses penimbangan. Kemudian menekan tombol *tare* agar berat wadah yang terukur tidak ikut tertimbang atau berat wadah di nol kan sehingga hanya berat sampel saja yang tertimbang. Lalu mengatur massa target yang dibutuhkan melalui *keypad* yang terhubung ke mikrokontroler misalnya massa di *setting* 200mg. Saat tombol (*) atau tombol start ditekan, mikrokontroler mengirim sinyal ke *driver* motor untuk menggerakkan motor DC atau *servo* membuka laju aliran granula dari *hooper* menuju wadah. *Loadcell* yang terpasang pada dudukan wadah mengubah tekanan mekanis menjadi sinyal listrik, yang kemudian diolah oleh modul ADC (*Analog to digital converter*) untuk mendapatkan data massa dalam satuan mg. Nilai massa tersebut diperbarui secara *real-time* dan di tampilkan pada layar LCD. Ketika massa terukur mencapai *settingan* awal yaitu 200mg. Mikrokontroler mengirimkan perintah berhenti ke motor sehingga motor otomatis kembali menutup *hooper*, hasil *settingan* dan hasil pengukuran ter tampil pada LCD. Seluruh proses dapat diulang dengan massa yang berbeda.

Setelah dilakukan uji fungsi, pengujian lanjutan dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran alat yang dikembangkan dengan neraca analitik yang telah dikalibrasi. Pengujian dibatasi pada rentang massa 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, hingga 1000 mg, sesuai dengan standar yang menetapkan bahwa massa obat dalam satu kapsul minimal sebesar 200 mg. Pada pengujian pertama, massa obat diatur sebesar 200 mg dan hasil pengukuran alat menunjukkan nilai 204 mg. Selanjutnya, hasil tersebut dibandingkan dengan pengukuran menggunakan neraca analitik sebagai alat pembanding, yang menghasilkan nilai sebesar 201 mg. Berdasarkan seluruh data pengujian yang disajikan pada Tabel 1, hasil analisis data menunjukkan bahwa rata-rata persentase kesalahan pengukuran alat adalah sebesar 2,33%.

Nilai kesalahan pengukuran dipengaruhi oleh beberapa faktor mekanis, antara lain kecepatan jatuh granula, getaran pada alat, serta respons motor servo dalam menutup laju aliran granula. Berdasarkan hasil pengujian, alat yang dikembangkan memiliki tingkat keakuratan sebesar sekitar 97,67%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, telah berhasil dibuat sistem penimbangan otomatis berbasis mikrokontroler ATmega328 yang mampu menimbang granula obat dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi yaitu 97,67%.

Alat ini dapat melakukan penimbangan secara otomatis sesuai massa yang diinginkan, sehingga proses menjadi lebih efisien, presisi, dan sesuai kebutuhan industri farmasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan kepada Workshop Program Studi D-III Teknologi Elektro-Medik, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Mandala Waluya atas dukungan fasilitas dan prasarana yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan artikel ini.

REFERENSI

- [1] L. Mindi and A. M. Mindiroeseno, "Manajemen Rumah Sakit dalam Pencegahan Medication Error melalui Patient Safety," *Jurnal Manajemen Informasi dan Administrasi Kesehatan*, vol. 7, no. 1, pp. 18–22, 2024.
- [2] L. P. Wanda, "Teori Tentang Pengetahuan Perespan Obat," *Jurnal medika hutama*, vol. 2, no. 04 Juli, pp. 1036–1039, 2021.
- [3] H. Hasmah, R. Alyah, U. Umar, S. Fatimang, and L. D. M. Dandi, "Rancang Bangun Timbangan Otomatis Granula Obat Yang Dilengkapi Chamber Berbasis Arduino Uno," *Lontara Journal of Health Science and Technology*, vol. 4, no. 1, pp. 8–15, 2023.
- [4] D. Y. Darmadi, T. Alawiyah, and D. Kurniawati, "Uji Keseragaman Bobot dan Kadar Racikan Puyer Paracetamol di Apotek Kota Banjarmasin Barat," *Innovative: Journal Of Social Science Research*, vol. 3, no. 6, pp. 1663–1673, 2023.
- [5] I. K. Anaam, T. Hidayat, R. Y. Pranata, H. Abdillah, and A. Y. W. Putra, "Pengaruh trend otomasi dalam dunia manufaktur dan industri," in *Vocational Education National Seminar (VENS)*, 2022.

- [6] M. Aditya and D. E. Myori, "Sistem sterilisator otomatis berbasis arduino uno," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones*, vol. 1, no. 2, pp. 99–109, 2020.
- [7] Rahardjo, "Neraca digital dengan system BSA," vol. 10, no. 2, pp. 15–20, 2019.
- [8] H. Harianto and Y. Triwidyastuti, "Rancang Bangun Alat Peningkat Konsumsi Obat Menggunakan Load Cell," *Journal JCONES*, vol. 7, no. 2, 2018.
- [9] E. Arianto, "Sistem takar obat serbuk (puyer)," *Jurnal Penelitian*, vol. 19, no. 2, 2016.
- [10] D. ketut Sutiari, A. M. Fajri, M. S. Abidin, R. U. Kasih, and N. Nazrayan, "Desain Alat Pengukur Kadar Hemoglobin Noninvasive: Design of Noninvasive Hemoglobin level Measrument," in *Prosiding Seminar Nasional Pemanfaatan Sains dan Teknologi Informasi*, 2023, pp. 115–120.
- [11] M. Anggriani and A. Adami, "Korset Hangat Elektrik Untuk Penderita Nyeri Haid," *Jurnal TEMIK (Teknik Elektromedik)*, vol. 6, no. 2, pp. 26–34, 2022.
- [12] M. Melani, "Pengontrolan Intensitas Cahaya Pada Prototipe Lampu Operasi Menggunakan Mikrokontroler ATmega328," *Jurnal TEMIK (Teknik Elektromedik)*, vol. 3, no. 3, pp. 16–21, 2019.
- [13] M. S. Abidin, R. U. Kasih, and D. K. Sutiari, "Desain Sistem Analisa Indeks Massa Tubuh, Kadar Lemak, Dan Kebutuhan Kalori Gizi Dengan Output Thermal Printer," *Sebatik*, vol. 27, no. 2, pp. 570–578, 2023.
- [14] H. A. Setiawan and T. Rijanto, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Pengisian Air Minum Dalam Kemasan Menggunakan Arduino Uno Dengan Sensor Load Cell," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 8, no. 3, 2019.
- [15] W. Wahyudi, A. Rahman, and M. Nawawi, "Perbandingan nilai ukur sensor load cell pada alat penyortir buah otomatis terhadap timbangan manual," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 5, no. 2, p. 207, 2017.
- [16] Y. W. J. Kusuma, "Rancang Bangun Penggerak Otomatis Panel Surya Menggunakan Sensor Photodiode Berbasis Mikrokontroler Atmega 16," *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 11–20, 2015.
- [17] A. R. Wiguna, "Analisis Cara Kerja Sensor Ultrasonic Dan Motor Servo Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Untuk Pengusir Hama Disawah," *OSF PREPR*, 2020.
- [18] A. Rohmanu and D. Widiyanto, "Sistem Sensor Jarak Aman Pada Mobil Berbasis Mikrokontroler Arduino Atmega328," *Jurnal Informatika SIMANTIK*, vol. 3, no. 1, pp. 7–14, 2018.
- [19] P. Rachmawati, "Perancangan Simulasi Timbangan Digital Menggunakan Sensor Hx711 Dengan Tambahan Buzzer Berbasis Esp32," *Jurnal Teknik Elektromedik Polbitrada*, vol. 4, no. 2, pp. 22–28, 2023.
- [20] R. Y. Nasution, H. Putri, and Y. S. Hariyani, "Perancangan Dan Implementasi Tuner Gitar Otomatis Dengan Penggerak Motor Servo Berbasis Arduino," *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi Terapan*, vol. 2, no. 1, p. 195517, 2016.
- [21] S. Syaiful, "Pemasangan Sensor Cahaya Otomatis Untuk Penerangan Jalan Umum Di Desa Karangsemanding," *DedikasiMU: Journal of Community Service*, vol. 2, no. 2, pp. 389–399, 2020.