

Penerapan Sistem Kontrol Adaptif *Proportional Integral Derivative* (PID) pada Mesin Penimbang Mi dengan Konveyor

Ach Dafid^{1*}, Faikul Umam¹, Hairil Budiarto¹

Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura

Jl. Raya Telang No 02 Kamal Bangkalan Madura 69162 Jawa Timur

*E-mail Korespondensi : ach.dafid@trunojoyo.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v18i2.31610>

Submitted June 22nd 2025, Accepted August 16th 2025, Published August 27th 2025

Abstrak

Indonesia merupakan negara dengan konsumsi mi instan terbesar kedua di dunia setelah Tiongkok, dengan jumlah konsumsi mencapai lebih dari 12 miliar bungkus per tahun. Tingginya permintaan tersebut mendorong kebutuhan inovasi dalam proses produksi, terutama pada aspek penimbangan dan pemotongan yang pada industri kecil dan menengah masih dilakukan secara manual. Proses manual tidak hanya membutuhkan waktu dan tenaga lebih besar, tetapi juga menghasilkan variasi berat kemasan yang tidak seragam serta menurunkan efisiensi produksi. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol adaptif *Proportional Integral Derivative* (PID) pada mesin penimbang mi dengan konveyor. Sistem dikembangkan menggunakan sensor *loadcell* untuk mengukur berat adonan mi, motor servo sebagai aktuator pemotong, serta motor DC sebagai penggerak konveyor, yang seluruhnya dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino ATmega 2560. Metodologi penelitian meliputi tahap perancangan mekanik, perancangan elektronika, pemrograman sistem kontrol, kalibrasi sensor, serta pengujian performa. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu menghasilkan porsi mi dengan target berat 50 gram secara konsisten. Prototipe memiliki dimensi konveyor 100×20×8 cm dengan kecepatan 26 cm/ms, dikendalikan menggunakan parameter PID hasil tuning ($K_p=1,5$; $K_i=1$; $K_d=1,7$). Dari 20 kali percobaan, sistem menghasilkan rata-rata error 0,75% dan tingkat keberhasilan 99,25%. Dengan demikian, penerapan sistem kontrol adaptif PID terbukti meningkatkan presisi penimbangan, kestabilan kecepatan konveyor, serta efisiensi produksi. Inovasi ini diharapkan menjadi solusi, sederhana, dan terjangkau untuk mendukung otomasi industri kecil dan menengah di Indonesia dalam menghadapi persaingan pasar pangan yang semakin ketat.

Kata Kunci: sensor *loadcell*, konveyor, motor servo, PID

Abstract

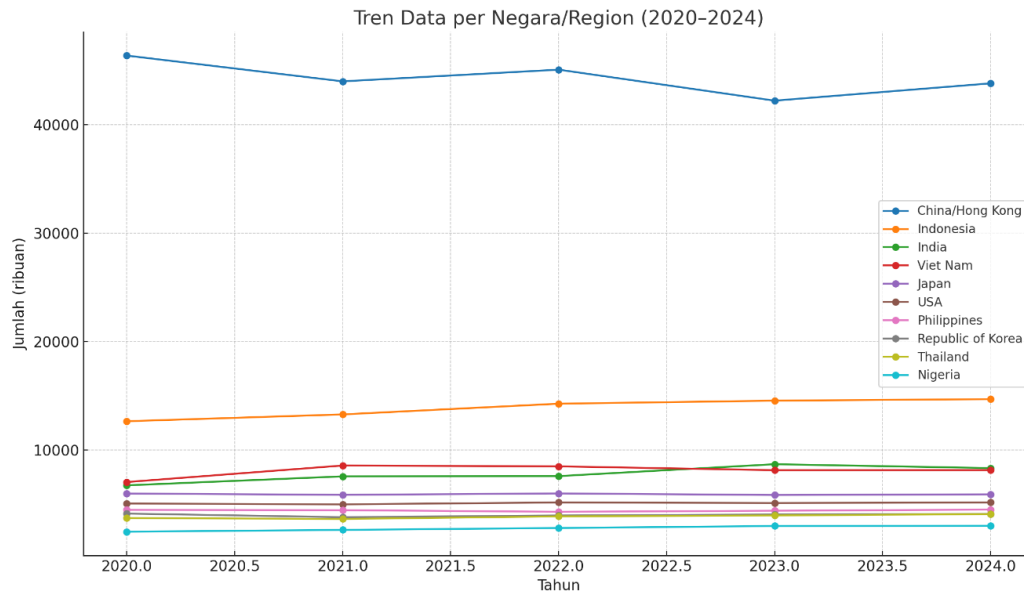
Indonesia is the second-largest instant noodle consumer in the world after China, with consumption reaching more than 12 billion packs per year. This high demand drives the need for innovation in the production process, especially in the weighing and cutting aspects, which are still carried out manually in small and medium industries. Manual processes not only require more time and energy, but also result in variations in packaging weight that are not uniform and reduce production efficiency. This study aims to design and implement a *Proportional Integral Derivative* (PID) adaptive control system on a noodle weighing machine with a conveyor. The system was developed using a load cell sensor to measure the noodle dough weight, a servo motor as a cutting actuator, and a DC motor as a conveyor drive, all of which are controlled by an Arduino ATmega 2560 microcontroller. The research methodology includes mechanical design, electronic design, control system programming, sensor calibration, and performance testing. The test results show that the system is able to produce noodle portions with a target weight of 50 grams consistently. The prototype has conveyor dimensions of 100×20×8 cm with a speed of 26 cm/ms, controlled using tuned PID parameters ($K_p=1.5$; $K_i=1$; $K_d=1.7$). From 20 trials, the system produced an average error of 0.75% and a success rate of 99.25%. Thus, the application of the PID adaptive control system has been proven to improve weighing precision, conveyor speed stability, and production efficiency. This innovation is expected to be a simple and affordable solution to support the automation of small and medium industries in Indonesia in facing increasingly fierce food market competition.

Key words: : *loadcell* sensor, conveyor, servo motor, PID

PENDAHULUAN

Mi instan telah menjadi salah satu produk pangan yang paling banyak dikonsumsi secara global, mencerminkan preferensi akan kepraktisan dan harga yang terjangkau (Susanto & Septian, 2024). Indonesia konsisten menempati peringkat kedua dunia dalam konsumsi mi instan selama 2020–2024. Data terbaru *World Instant Noodles Association* (WINA) menunjukkan permintaan di Indonesia naik dari 12,64 miliar porsi (2020) menjadi 14,68 miliar porsi pada 2024, menegaskan bahwa mi instan bukan sekadar komoditas populer, tetapi telah mengakar kuat sebagai bagian fundamental dari pola konsumsi harian

masyarakat dan ketahanan pangan dalam skala nasional ((WINA), 2025). Untuk angka lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Porsi konsumsi Mi

Perubahan lanskap konsumen mi instan tidak hanya ditandai oleh volume konsumsi, tetapi juga naiknya sensitivitas terhadap aspek kesehatan dan keberlanjutan produk (Jambormias *et al.*, 2025). Satu studi di Indonesia menggunakan *Discrete Choice Experiment* (DCE) untuk memahami preferensi konsumen terhadap mi instan organik (Komarudin *et al.*, 2025). Hasil menunjukkan konsumen mengutamakan label organik dan kemasan ramah lingkungan, serta memperhatikan klaim-klaim kesehatan yang mencerminkan pergeseran mindset konsumsi ke arah yang lebih bertanggung jawab ekologis dan kesehatan. Studi ini membuka potensi bagi pengembangan mi instan dengan atribut berkelanjutan di pasar domestik (Toiba *et al.*, 2023). Selain itu, konsumen lebih memilih mi instan karena kepraktisan dan harga terjangkau. Kemudian juga, tren rasa ikut mengikuti perkembangan yang dimana konsumen kini menyukai varian sayuran, barbeque, dan seafood, dengan meningkatnya minat terhadap produk rendah sodium dan bernutrisi tinggi (Guner *et al.*, 2024).

Konsumsi mi instan semakin di soroti, bahkan sampai dari sisi kesehatan dan gizi. Preferensi konsumen terhadap mi instan organik dengan kemasan ramah lingkungan (Toiba *et al.*, 2023), kecenderungan memilih produk rendah sodium dan tinggi nutrisi (Guner *et al.*, 2024), serta temuan bahwa 60,7 % masyarakat Indonesia mengonsumsi mi instan 1–6 kali per minggu dengan korelasi terhadap risiko hipertensi (Kesiananda & Ningrum, 2023), menegaskan pentingnya inovasi produk yang lebih sehat. Bahkan, pengayaan mi instan dengan sumber protein ikan lokal terbukti potensial meningkatkan kandungan gizi sekaligus membuka peluang ekonomi baru (Kılınç *et al.*, 2025). Dengan demikian, permintaan mi instan kini tidak hanya tinggi secara kuantitas, tetapi juga semakin menuntut kualitas gizi dan keamanan produk.

Namun, tuntutan peningkatan kualitas ini harus diimbangi dengan inovasi pada lini produksi. Salah satu persoalan utama yang masih dijumpai pada skala industri kecil dan menengah adalah ketergantungan pada proses manual, khususnya dalam penimbangan dan pemotongan adonan. Kondisi ini menimbulkan variabilitas berat per kemasan, ketidakteraturan dimensi potongan, serta efisiensi produksi yang rendah. Dalam konteks permintaan yang terus meningkat, automasi berbasis sensor load cell yang terintegrasi dengan pemotongan otomatis dan sistem konveyor berbasis kendali menjadi solusi logis untuk menjamin presisi dan stabilitas proses.

Sebagian besar UKM produsen mi di Indonesia masih bergantung pada metode manual, yang menyebabkan waktu produksi lebih lama, kapasitas output terbatas, dan menurunkan daya saing ketika bersaing dengan merek besar yang telah menerapkan otomasi (Kusumo *et al.*, 2022; Zare *et al.*, 2025).

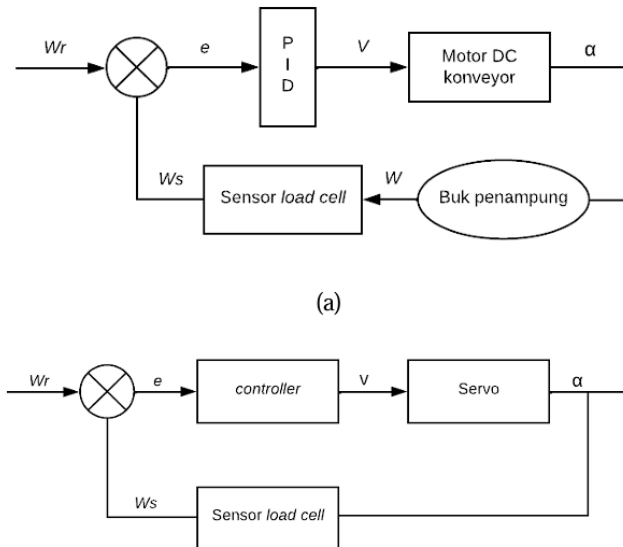
Proses penimbangan yang masih menggunakan timbangan analog dan ketelitian operator menjadikan berat tiap kemasan sering tidak konsisten, sehingga berpotensi menurunkan persepsi kualitas di mata konsumen (Chyzhykov *et al.*, 2023). Selain itu, tingginya ketergantungan pada tenaga kerja membuat UKM harus menambah jumlah pekerja saat permintaan meningkat, yang berimplikasi pada naiknya biaya operasional serta kompleksitas pengelolaan SDM (Indiarto & Subroto, 2025) (Sudirman *et al.*, 2025). Akibatnya, efisiensi produksi rendah dan mutu produk tidak seragam, sehingga UKM sulit mencapai skala produksi berkelanjutan. Dalam konteks peningkatan konsumsi mi dalam lima tahun terakhir, teknologi automasi yang tepat, sederhana, dan terjangkau menjadi kebutuhan mendesak (Madhavan *et al.*, 2024). Penelitian (Thin *et al.*, 2024) mengembangkan mesin mi semi-otomatis dengan rancangan poros pemotong berdiameter 2 mm dan 4 mm untuk menghasilkan ketebalan mi yang seragam. Sistem tersebut masih berfokus pada aspek mekanik pemotongan dan tidak mengintegrasikan modul penimbangan berbasis sensor sehingga variasi berat per porsi masih mungkin terjadi (Thin *et al.*, 2024). Penelitian lain oleh (Venkataramanan *et al.*, 2023) mengusulkan sistem penimbangan batch otomatis dengan platform kontrol real-time. Hasilnya mampu menjaga akurasi berat bahan baku dalam skala industri, namun sistem ini belum menyertakan proses pemotongan in-line maupun sinkronisasi dengan konveyor sehingga kurang relevan untuk produk pangan berbasis porsi kecil seperti mi (Venkataramanan *et al.*, 2023).

Berbeda dengan dua penelitian sebelumnya, (Moraes *et al.*, 2024) menerapkan algoritma kontrol PID yang dikombinasikan dengan Smith Predictor untuk meningkatkan respons dinamis konveyor industri dengan dead time panjang. Sistem tersebut memang menunjukkan kestabilan yang lebih baik dibandingkan PID konvensional, namun konteks aplikasinya lebih banyak diarahkan pada konveyor pertambangan dan belum menyentuh isu presisi berat produk (Moraes *et al.*, 2024). Penelitian lain yang lebih maju ditunjukkan oleh (Waseem *et al.*, 2024) yang mengintegrasikan *Graph Neural Network* (GNN) dengan *Multi-Agent Deep Deterministic Policy Gradient* (DDPG) dalam pengendalian *conveyor-belt dryer* pada industri manufaktur. Meskipun inovasi ini berhasil mengoptimalkan kualitas pengeringan sekaligus efisiensi energi, pendekatan tersebut terlalu kompleks dan mahal untuk diterapkan pada skala UKM pangan (Waseem *et al.*, 2024). Selanjutnya, penelitian (Yang *et al.*, 2023) merancang sistem penimbangan digital berbiaya rendah berbasis load cell untuk material pertanian seperti beras dan kopi, yang terbukti akurat dan stabil, namun tidak dikembangkan untuk integrasi dengan aktuator pemotong maupun sinkronisasi konveyor (Yang *et al.*, 2023). Kondisi serupa ditunjukkan oleh (Galina, 2024) yang menggunakan metode visi komputer untuk mengestimasi berat porsi makanan berbasis citra kamera; meskipun mengurangi kebutuhan sensor kontak, metode tersebut tidak mampu menjamin konsistensi berat aktual sebagaimana sistem berbasis load cell (Galina, 2024).

Dari berbagai penelitian tersebut tampak jelas adanya gap, yakni belum terdapat pendekatan yang secara spesifik mengintegrasikan tiga aspek penting sekaligus: penimbangan dinamis berbasis load cell, pemotongan otomatis berbasis aktuator, dan sinkronisasi kecepatan konveyor dengan kendali PID adaptif pada produk pangan berbasis porsi kecil seperti mi. Penelitian ini hadir untuk mengisi gap tersebut dengan merancang dan menguji prototipe mesin penimbang mi otomatis berbasis sensor load cell yang terintegrasi dengan pemotongan servo serta konveyor berpengendali PID, sehingga mampu menjawab kebutuhan presisi, efisiensi, dan keterjangkauan bagi UKM pangan di Indonesia.

METODE PENELITIAN

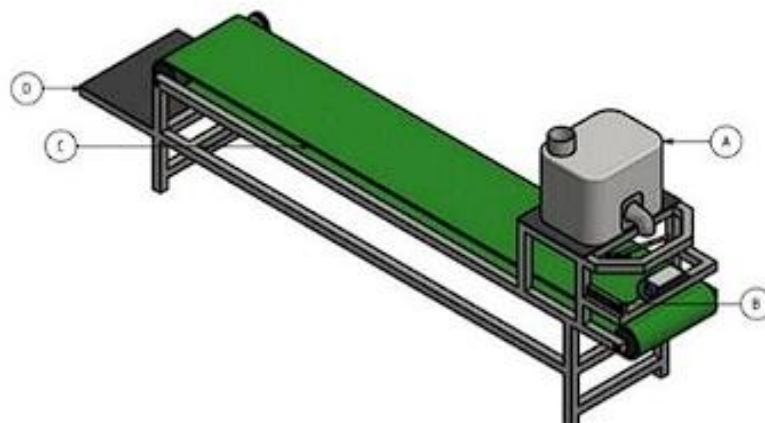
Perancangan sistem kendali otomatis berbasis PID pada mesin penimbang mi dengan konveyor dilakukan untuk mengatasi keterbatasan proses manual pemipihan dan pemotongan yang masih menggunakan peralatan sederhana, memerlukan tenaga besar, serta waktu produksi lama. Sistem ini mengintegrasikan sensor loadcell untuk menimbang adonan mi basah agar tiap potongan sesuai set point, dengan hasil pembacaan diproses oleh mikrokontroler Arduino ATmega 2560 dan ditampilkan secara real time pada LCD. Ketika berat mencapai nilai yang ditentukan, motor servo secara otomatis menggerakkan pisau pemotong, sementara motor DC mengoperasikan konveyor untuk memindahkan potongan mi ke wadah penampung. Stabilitas dan presisi kecepatan motor DC dijaga oleh algoritma PID, sehingga keseragaman pemotongan dapat terjamin. Secara keseluruhan, sistem bekerja dalam loop tertutup dengan alur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2. Diagram blok sistem kontrol

Pada saat sensor loadcell menerima masukan berat adonan, motor DC pada konveyor berada dalam kondisi diam karena nilai pembacaan sensor masih jauh dari target 50 gram. Konveyor baru mulai beroperasi secara perlahan ketika nilai pembacaan mendekati set point. Setelah adonan mencapai berat yang ditentukan dan dilakukan proses pemotongan, buk penampung yang terhubung dengan motor servo akan dibalik sehingga adonan mi jatuh ke konveyor. Selanjutnya, sistem kendali PID memperoleh input tambahan dari perubahan beban tersebut untuk mengatur kecepatan motor DC, sehingga konveyor bergerak lebih cepat secara adaptif sesuai kondisi beban.

Rancangan alat pemotong mi ini terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi untuk menghasilkan sistem pemotongan otomatis dengan bobot adonan yang seragam seperti Gambar 3.



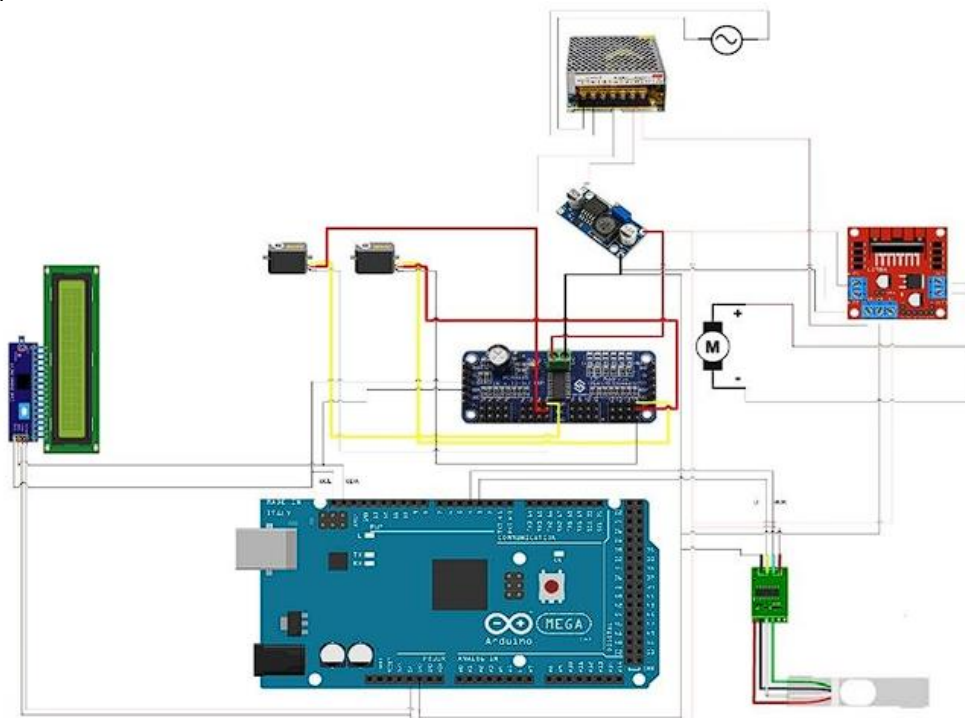
Gambar 3. Detail desain mekanik

Penjelasan Gambar.

- Automatic noodle maker* unit utama yang berfungsi membuat mi dari adonan tepung hingga menjadi bentuk lembaran mi yang siap ditimbang dan dipotong.
- Sensor loadcell berperan sebagai input untuk mengukur berat adonan mi basah. Loadcell mengubah gaya mekanik menjadi sinyal listrik yang diperkuat dengan modul amplifier HX711, sehingga hasil pembacaan dapat dikalibrasi dan diolah lebih mudah oleh mikrokontroler. Data berat yang terbaca menjadi acuan utama dalam proses pemotongan mi.
- Bak penampung mi berfungsi sebagai wadah akhir penampungan adonan setelah melalui proses pemotongan dan pengukuran.

- d. LCD (Liquid Crystal Display) digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan sensor loadcell secara real time. Modul I2C dipasang untuk menyederhanakan jumlah pin yang digunakan, sehingga rangkaian lebih efisien. Informasi berat adonan yang ditampilkan pada LCD secara langsung mengendalikan motor servo pemotong dan motor DC konveyor.
- e. Sistem konveyor digunakan untuk memindahkan adonan mi dari bak penampung menuju tempat pengumpulan. Konveyor digerakkan oleh motor DC yang dikendalikan dengan sistem PID (Proportional-Integral-Derivative) agar pergerakan stabil dan seragam. Potongan mi yang telah ditimbang oleh loadcell dipindahkan dalam satuan 50 gram.
- f. Motor servo pemotong digunakan untuk menggerakkan pisau pemotong. Dengan dukungan modul driver PCA9685, servo dapat bekerja secara presisi. Mekanisme pemotongan menggunakan model silet cutter horizontal yang diputar servo untuk memotong mi sesuai berat target. Jika berat belum sesuai, sistem akan menunda pemotongan hingga tercapai set point.

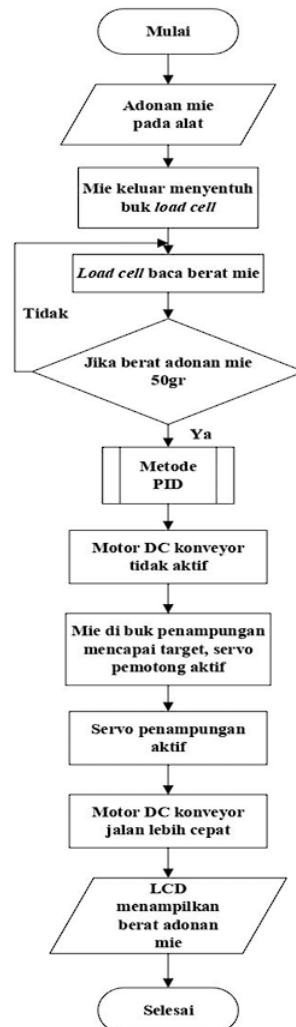
Konveyor dirancang dengan dudukan roller sesuai panjang yang dipasang untuk memastikan kestabilan. Dengan kapasitas beban maksimum 1 kg, roller dipasang dengan jarak 35 cm agar ketegangan belt tetap memadai. Penyesuaian antara pulley motor dan roller dilakukan untuk memperoleh kecepatan dan torsi yang optimal sehingga proses pemindahan potongan mi berlangsung stabil dan efisien. Rangkaian elektronika sistem dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino ATmega 2560 yang terintegrasi dengan sensor loadcell dan modul HX711, LCD 16x2 dengan modul I2C, motor DC dengan driver L298N, serta motor servo MG995 dengan driver PCA9685. Sensor loadcell membaca berat adonan dan mengirimkan data ke mikrokontroler untuk ditampilkan pada LCD secara real time. Saat berat mencapai set point, mikrokontroler mengaktifkan motor servo untuk melakukan pemotongan, sementara motor DC konveyor dikendalikan dengan algoritma PID agar pergerakannya stabil. Sistem memperoleh catu daya dari adaptor 12V DC yang diturunkan menjadi 5V melalui modul step-down LM2596S, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skematik rangkaian pemotong mi

Flowchart sistem pemotong mi otomatis menunjukkan alur kerja berbasis sensor loadcell dan kendali PID. Proses diawali dengan memasukkan adonan ke mesin pembuat mi hingga keluar dalam bentuk lembaran dan jatuh ke bak penampung. Sensor loadcell kemudian membaca berat adonan secara real time. Jika berat belum mencapai set point 50 gram, sistem terus melakukan pembacaan ulang. Ketika bobot sesuai, motor servo menggerakkan pisau pemotong dan bak penampung dibalik untuk menjatuhkan

potongan mi ke konveyor. Selanjutnya, motor DC menggerakkan konveyor untuk memindahkan hasil potongan menuju wadah akhir. Kecepatan motor DC dikendalikan dengan algoritma PID agar pergerakan stabil, presisi, dan adaptif terhadap perubahan beban. Hasil pembacaan berat ditampilkan secara real time pada LCD. Proses ini berlangsung berulang hingga seluruh adonan selesai diproses.



Gambar 5. Flowchart sistem

Flowchart metode PID menjelaskan mekanisme pengendalian kecepatan motor DC pada konveyor menggunakan algoritma kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*). Tahap awal dimulai dengan inisialisasi parameter kontrol, meliputi nilai Set Point, konstanta PID (K_p , K_i , K_d), waktu sampling (T_s), serta variabel error dan last error. Setelah inisialisasi, sistem membaca input dari sensor loadcell untuk menghitung nilai error, yaitu selisih antara set point dan berat aktual.

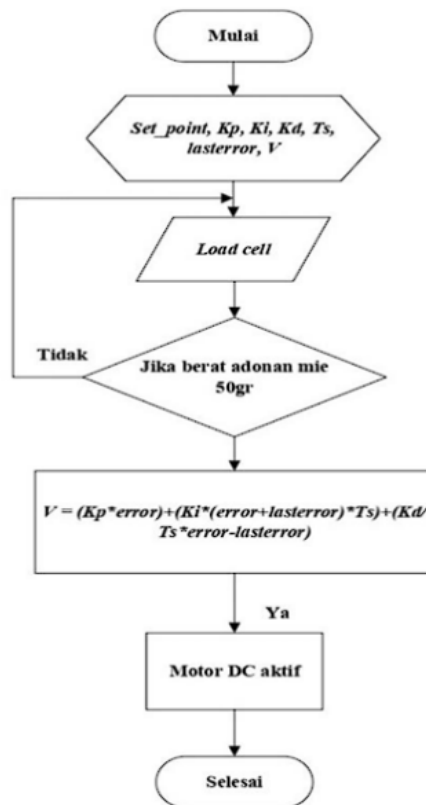
- Jika $\text{error} = 0$, artinya sistem sudah sesuai dengan target, maka motor DC tidak dijalankan.
- Jika $\text{error} \neq 0$, maka sistem melakukan perhitungan PID untuk menentukan sinyal kendali motor DC.

Proses ini mencakup tiga komponen utama:

1. Proporsional ($K_p \cdot e$) → mengatur respon berdasarkan besar error saat ini.
2. Integral ($K_i \int e \, dt$) → mengakumulasi error untuk mengurangi error jangka panjang (steady-state error).
3. Derivatif ($K_d \, de/dt$) → mengantisipasi perubahan error secara cepat untuk mengurangi overshoot.

Hasil akhir dari perhitungan PID berupa nilai output kontrol yang mengatur kecepatan motor DC agar sesuai target. Proses ini dilakukan secara berulang dengan update nilai error dan last error, sehingga sistem

mampu menjaga stabilitas pergerakan konveyor serta memastikan akurasi berat potongan mi dengan flowchart PID yang di tunjukkan pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Flowchart metode PID

Rumus umum untuk perhitungan Signal Kendali dalam kontrol PID, yang biasa digunakan dalam simulasi, adalah:

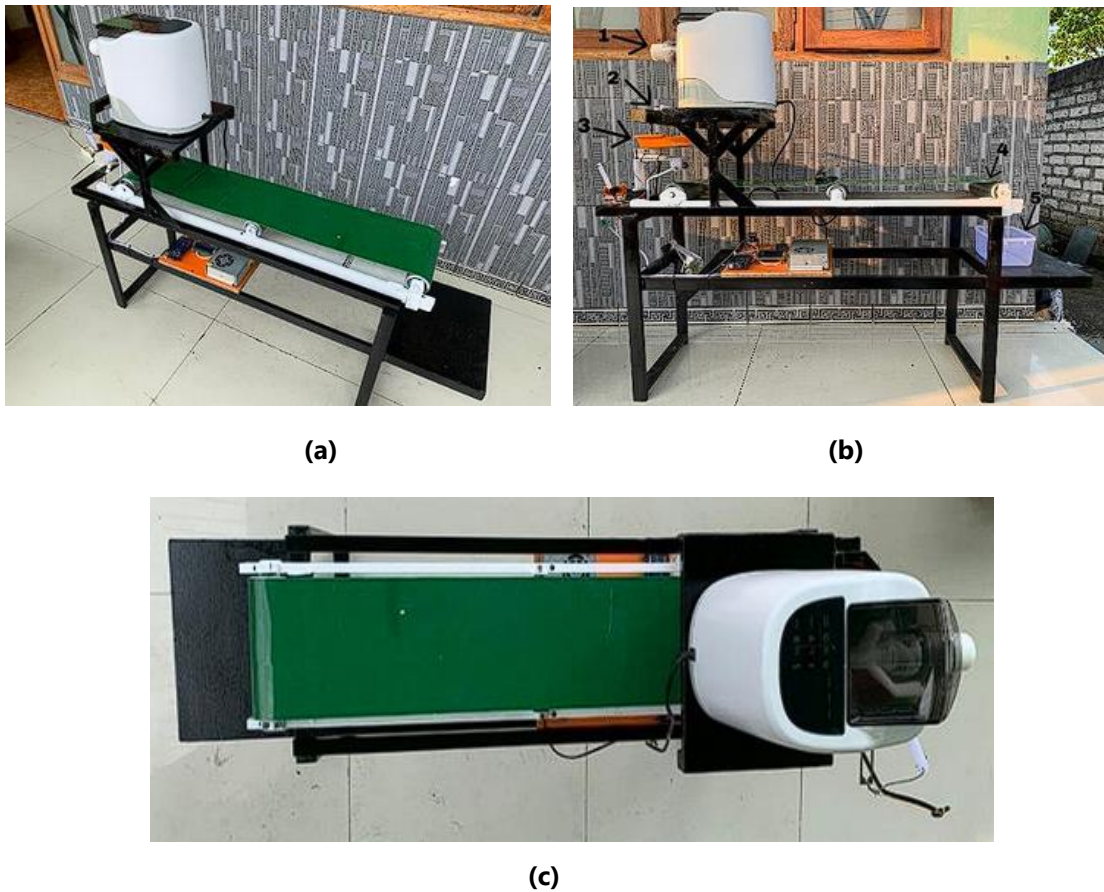
$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \dots \dots \dots (1)$$

di mana:

- $u(t)$ adalah sinyal kendali,
- $e(t)$ adalah error, yaitu selisih antara *set point* dan nilai aktual (PV),
- K_p , K_i dan K_d masing-masing adalah konstanta gains proporsional, integral, dan derivatif.

HASIL PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan prototipe *automatic noodle weigher* and PID-based conveyor yang terdiri dari beberapa komponen utama. Arduino ATmega 2560 digunakan sebagai pusat kendali, didukung sensor loadcell 1 kg dengan modul HX711 untuk pembacaan berat adonan, motor servo MG995 untuk pemotongan mi, motor DC 110 RPM dengan driver BTS7960 H-bridge sebagai penggerak konveyor, serta LCD 16x2 dengan modul I2C untuk menampilkan hasil pengukuran. Sistem memperoleh suplai daya dari power supply 12V 10A yang diturunkan menjadi 5V melalui modul LM2596S. Setelah melalui tahapan perancangan mekanik, elektronika, dan pemrograman, prototipe mampu menjalankan fungsi penimbangan dan pemotongan mi secara otomatis. Implementasi hasil rancangan ditunjukkan pada Gambar 7.



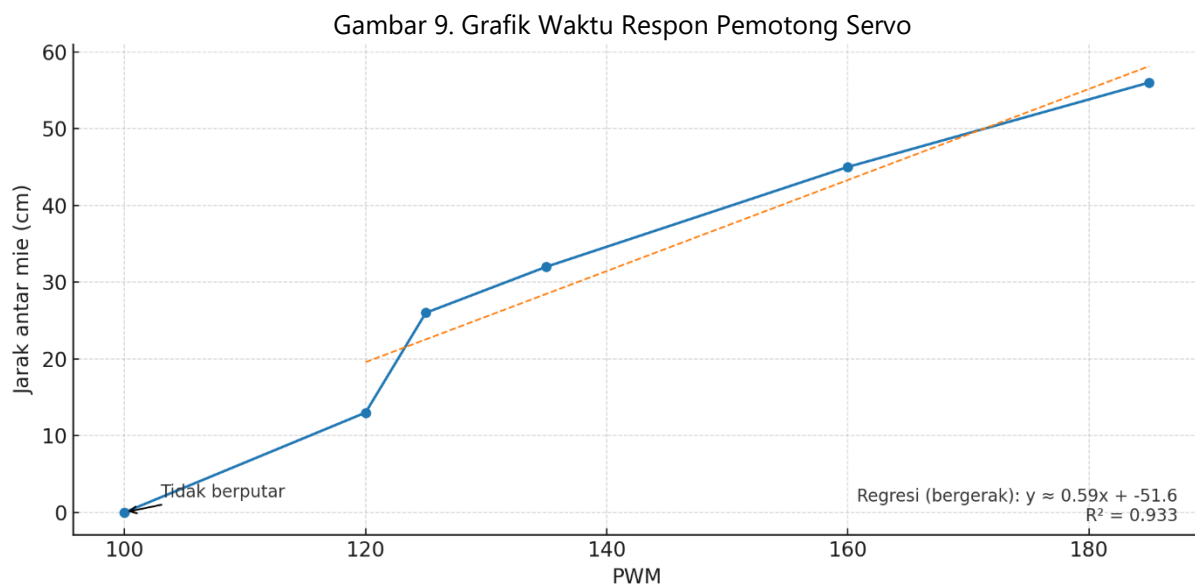
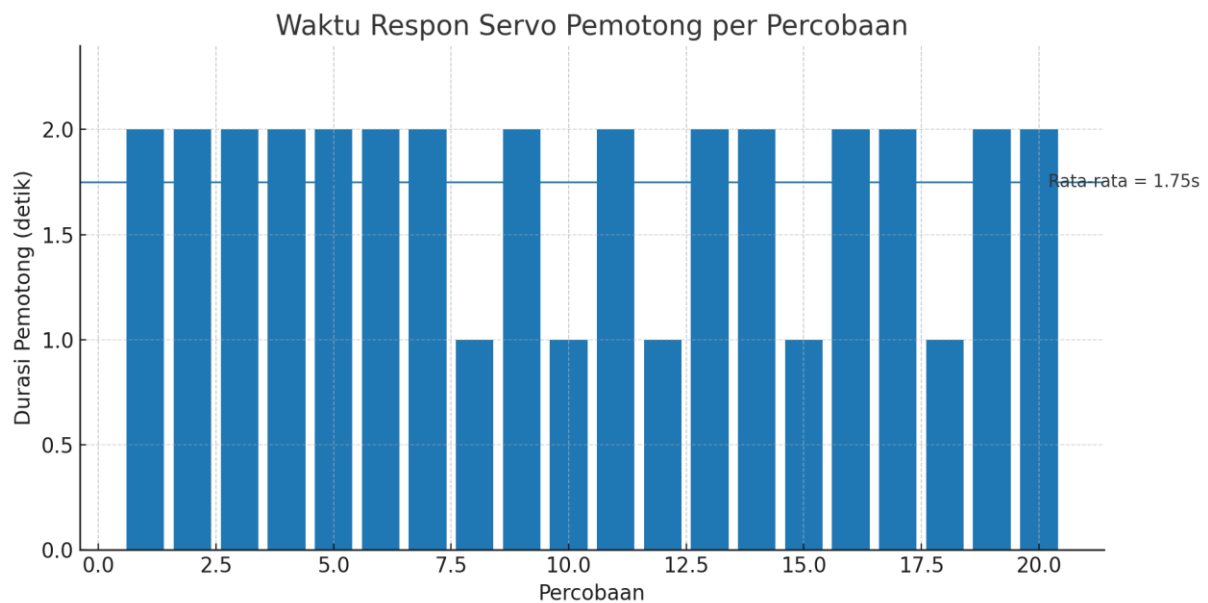
Gambar 7. Hasil perancangan alat penampung mi (a) tampak depan, (b) tampak samping, dan (c) tampak atas.

Pengujian pada dua motor servo MG995 dilakukan untuk mengetahui pisau pada pemotong dan buk penampung sebenarnya menggunakan input dari sensor loadcell. Hal ini agar dapat mengetahui perubahan awal servo sebelum dan setelah melakukan gerakan ataupun proses pada pemotong dan buk penampung. Apabila pembacaan sensor loadcell dan pengukuran sudut secara manual. Proses servo bekerja pada pisau pemotong dilakukan Gambar 8.



Gambar 8. Proses Servo (a) merupakan saat pisau tidak memotong; (b) saat pisau memotong.

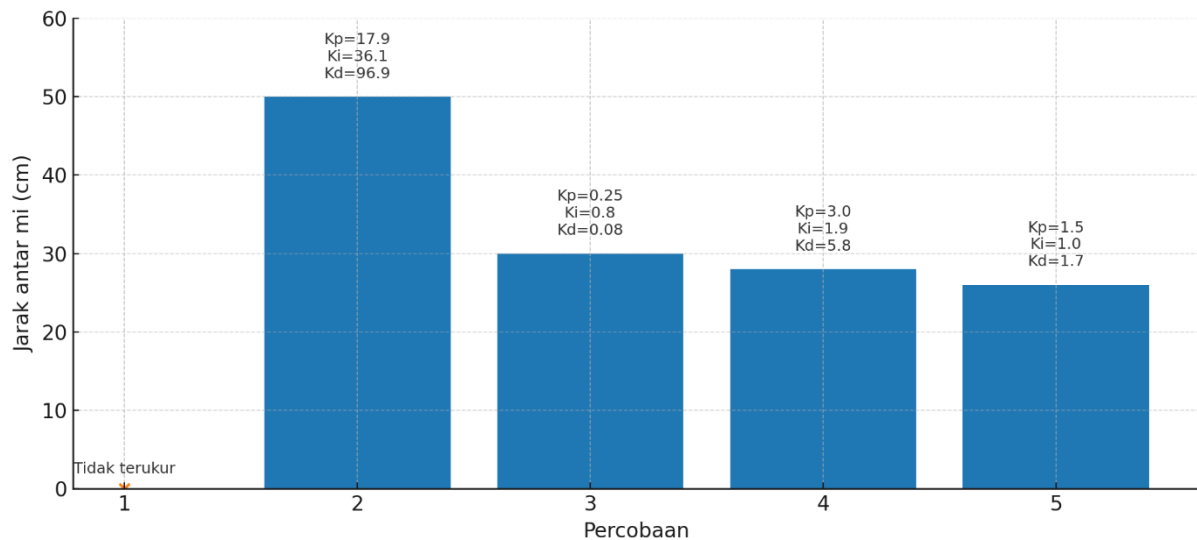
Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil pengujian sehingga dapat diketahui rata-rata berapa lama waktu yang diperlukan pada sistem pemotong, di mana hasil pengujian ditunjukkan Gambar 9. Setelah melakukan perancangan maka dilakukan pengujian konveyor menggunakan tanpa metode PID. Maka perlu melakukan pengujian pada PWM (Pulse-Width Modulation) untuk menghasilkan kecepatan pada konveyor, nilai PWM akan dimasukan secara acak untuk mendapat nilai yang sesuai pada simulasi kecepatan konveyor agar stabil. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pengujian dengan masing-masing nilai PWM yang berbeda-beda.



Gambar 10. Pengujian Konveyor PID PWM VS Jarak Antar Mi

Data menunjukkan adanya dead zone: pada PWM 100 konveyor tidak bergerak, dan ambang gerak praktis baru terlewati di sekitar PWM 120–125. Di atas ambang ini, hubungan PWM–jarak antar mi mendekati linier dengan model regresi $\text{Jarak} \approx 0,59 \cdot \text{PWM} - 51,6$ ($R^2 = 0,933$), sehingga setiap kenaikan 10 satuan PWM menambah jarak sekitar 5,9 cm; loncatan 13→26 cm ketika PWM 120→125 merefleksikan transisi dari gesekan statik ke gerak mantap. Untuk kalibrasi, pemetaan balik memberi $\text{PWM} \approx (\text{Jarak} + 51,6)/0,59$ (contoh: 30 cm $\approx$ 138; 32 cm $\approx$ 142; 40 cm $\approx$ 155; 45 cm $\approx$ 164; 50 cm $\approx$ 172; 56 cm $\approx$ 182), dan set point di bawah $\sim$ 125 sebaiknya dihindari. Dengan periode potong servo rata-rata 1,75 s, kecepatan konveyor dapat diestimasi $v \approx \text{jarak}/T$ ($\pm 7,4$ cm/s pada 13 cm hingga ± 32 cm/s pada 56 cm). Untuk

mengatasi ambang, terapkan kick-start singkat (mis. PWM 150–160 selama 0,2–0,3 s) sebelum turun ke PWM target. Dalam operasi tertutup, gunakan feed-forward dari pemetaan tersebut lalu PID mengoreksi error sisa; penalaan awal yang aman ialah Kp sedang, Ki kecil (menghapus offset perlahan), dan Kd moderat (meredam perubahan beban), divalidasi pada rentang PWM 140–170. Kesimpulannya, karakteristik konveyor memperlihatkan ambang jelas dan linearitas baik di atasnya, sehingga kombinasi feed-forward + PID efektif menjaga jarak antar mi tetap konsisten meski beban berubah. Setelah tahap perancangan selesai, dilakukan pengujian konveyor dengan tuning PID untuk memperoleh kombinasi parameter Kp, Ki, dan Kd yang optimal. Pemilihan nilai parameter dilakukan melalui metode trial and error dengan memasukkan variasi nilai Kp, Ki, dan Kd secara bertahap hingga diperoleh respon sistem yang paling stabil. Tujuan tuning ini adalah agar konveyor dapat bergerak dengan kecepatan yang terkendali, sehingga jarak antar mi yang dihasilkan seragam.



Gambar 11. Hasil Tuning PID

Hasil tuning menunjukkan jarak antar mi bertambah seiring besarnya gain PID dengan korelasi kuat ($r \approx 0,985$). Percobaan 2 ($K_p=17,9$; $K_i=36,1$; $K_d=96,9$) menghasilkan jarak 50 cm—kecepatan tertinggi namun berpotensi respons agresif. Percobaan 3 (0,25; 0,8; 0,08) memberi 30 cm, paling dekat target dan layak dijadikan baseline operasi stabil. Percobaan 4–5 menghasilkan 28–26 cm, sesuai bila dibutuhkan jarak lebih rapat. Percobaan 1 tidak terukur, mengindikasikan ambang gerak belum terlewati. Rekomendasi: mulai dari setelah Percobaan 3, tingkatkan Kp sedikit bila perlu mempercepat respons, pertahankan Ki kecil dan Kd rendah–menengah untuk meredam gangguan beban. Dibuat berbeda pada kalibrasi nya pertama pada sensor yang mengkalibrasi berat mi tanpa adanya sistem, kedua kalibrasi pada kalibrasi timbangan yang disesuaikan dengan sistem penampung dan berat mi diasumsikan nilai (loadcell), terakhir kalibrasi lcd diasumsikan nilai (f) yang menyesuaikan dengan trial jarak antara sistem pemotong servo dan buk timbangan. Pada beban buk penimbang dikalibrasi dengan target_beban pad source code. Dari hasil pengujian yang pertama telah dilakukan, didapatkan hasil pengujian sehingga dapat diketahui nilai error yang perlu di analisis pada sistem, dimana hasil pengujian ditujukan sebagai berikut :

a. Nilai $f=8$, loadcell=42

Dapat dilihat bahwa hasil pengukuran timbangan tidak stabil dengan hasil pemotong. Memberi nilai pada loadcell 42 gr yang telah dikalibrasi buk penimbang dan hasil akhir pada pemotong 50 gr. Gambar 12 nilai eror 90 gr pada 10 kali percobaan sehingga dapat diketahui menghasilkan jumlah nilai eror sebesar 90 gr dan jumlah total nilai rata-rata nilai eror sebesar 9% dengan rata-rata nilai keberhasilan 91%.

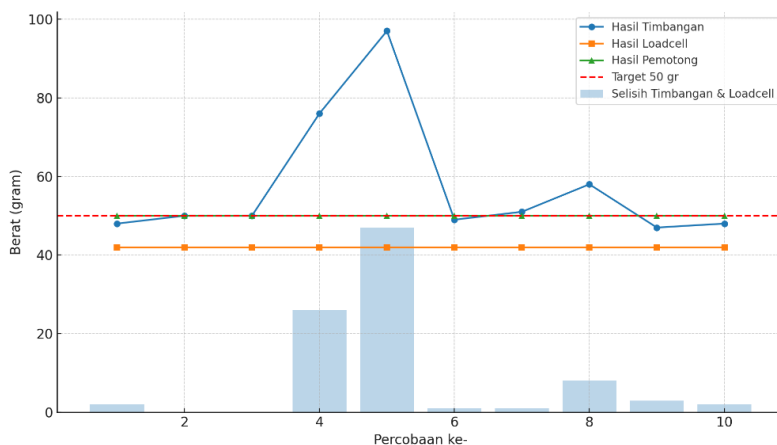
b. Nilai $f = 16$, loadcell = 42

Dapat dilihat bahwa hasil pengukuran timbangan tidak stabil dengan hasil pembacaan pemotong. Memberi nilai pada loadcell 42gr yang telah dikalibrasi pada buk penimbang dan hasil akhir pada pemotong 58gr sebagai berikut pada Gambar 13 percobaan sistem $f=16$, $lc=42$. Hasil timbangan manual

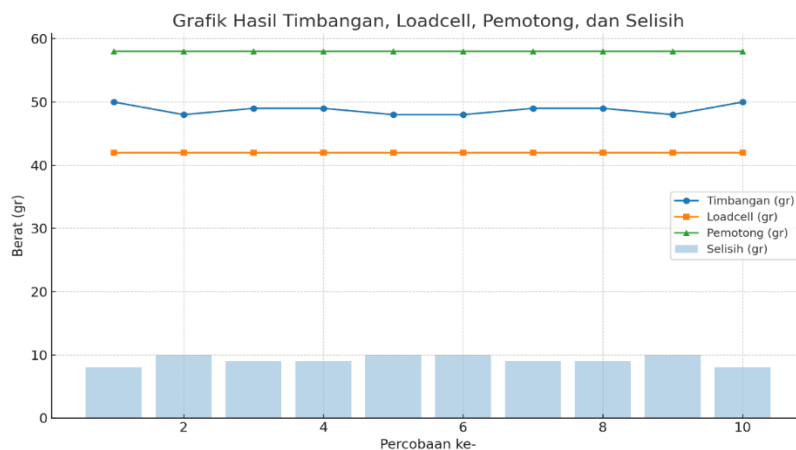
dan pembacaan loadcell sudah cukup dekat dengan target 50 gr, menunjukkan adanya kestabilan pada bagian penimbangan. Namun, hasil pemotong (58 gr) masih jauh dari target, sehingga menimbulkan error yang besar. Hal ini menandakan perlu dilakukan kalibrasi ulang pada mekanisme pemotong dan sinkronisasi dengan sistem kontrol agar akurasi pemotongan sesuai dengan nilai set point timbangan.

c. $f = 16$, loadcell = 34

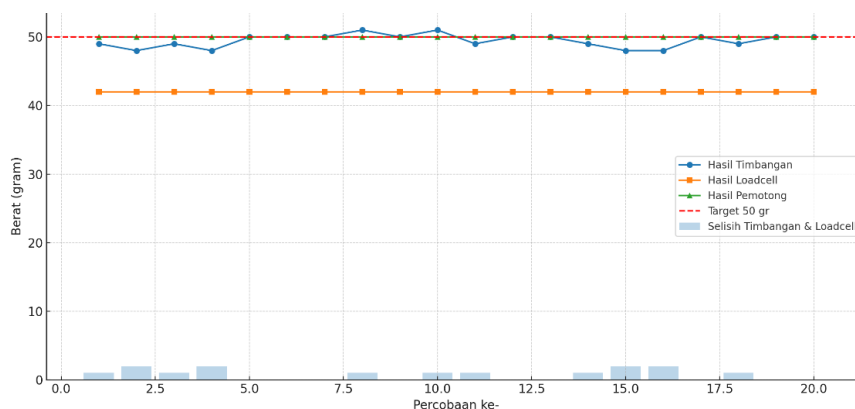
Pada Gambar 14 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran timbangan tidak stabil dengan hasil pemotong. Memberi nilai pada loadcell 34 gr yang telah dikalibrasi buk penimbang dan hasil akhir pada pemotong 50 gr.



Gambar 12. Grafik Hasil Pengujian System Penimbangan Mi dengan Nilai $f=8$ dan loadcell=42

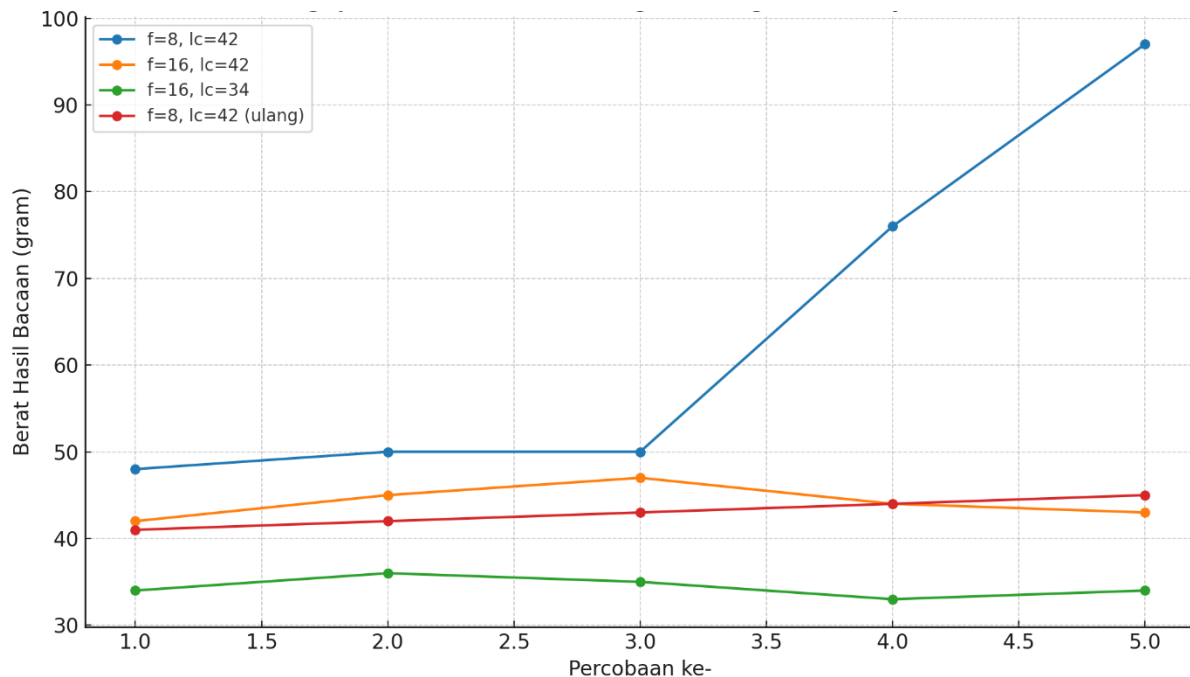


Gambar 13. Grafik Hasil Pengujian System Penimbangan Mi dengan Nilai $f=16$ dan loadcell=42



Gambar 14. Grafik Hasil Pengujian System Penimbangan Mi dengan Nilai $f=8$ dan loadcell=42

Hasil pengujian menunjukkan bahwa bacaan timbangan berada di kisaran 48–51 gr, mendekati target 50 gr. Pemotong konsisten pada 50 gr, sedangkan loadcell terkalibrasi di 42 gr. Dari 20 kali percobaan diperoleh total error 15 gr dengan rata-rata error 0,75% dan tingkat keberhasilan 99,25%. Hal ini membuktikan bahwa kombinasi $f = 8$ dan $l_c = 42$ merupakan kalibrasi terbaik untuk pengujian sistem secara keseluruhan karena memberikan akurasi mendekati 100%.



Gambar 15. Grafik Pengujian dengan variasi frekuensi (f)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *automatic noodle weigher* dengan kendali PID mampu mencapai tingkat presisi yang tinggi, yaitu dengan rata-rata error 0,75% dan tingkat keberhasilan 99,25% dalam menjaga berat porsi mi sebesar 50 gram. Temuan ini sejalan dengan teori kontrol klasik yang menyatakan bahwa PID memiliki kemampuan memperbaiki respon sistem secara signifikan melalui kombinasi aksi proporsional, integral, dan derivative (Putri et al., 2022). Penelitian (Wardhana et al., 2023) mengenai kontrol kecepatan weigh feeder dengan metode PID juga membuktikan adanya peningkatan kestabilan laju material pada sistem konveyor industri. Namun, perbedaan utama dengan penelitian ini adalah fokus aplikasi: pada penelitian terdahulu, sistem lebih banyak digunakan untuk material curah skala besar, sedangkan penelitian ini menekankan presisi penimbangan berbasis gram pada produk pangan siap konsumsi.

Jika dibandingkan dengan penelitian (Tiago A. Moraes et al., 2024) yang menggunakan kombinasi PID dan Smith Predictor pada konveyor industri dengan dead time panjang, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini lebih sederhana namun tetap efektif. Walaupun pendekatan Moraes et al. terbukti meningkatkan stabilitas pada konteks pertambangan, penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa PID konvensional saja sudah cukup handal untuk aplikasi pada UKM pangan dengan kebutuhan presisi tinggi. Hal ini memperlihatkan relevansi penggunaan metode kontrol klasik yang efisien dan ekonomis dibandingkan algoritma prediktif yang lebih kompleks serta mahal dalam penerapannya.

Selain itu, keberhasilan sistem ini juga memperkuat penelitian (Chunyu Yang et al., 2023) yang menggunakan load cell untuk menimbang material pertanian dengan hasil akurat. Namun, berbeda dengan penelitian Yang et al. yang hanya berhenti pada tahap pengukuran, penelitian ini melangkah lebih jauh dengan mengintegrasikan sensor load cell dengan aktuator pemotong servo dan konveyor berkecepatan terkontrol. Integrasi ini memungkinkan proses produksi berjalan secara otomatis, mulai dari penimbangan hingga pemotongan, dengan konsistensi yang tinggi. Dengan demikian, penelitian ini tidak

hanya mendukung teori mengenai akurasi sensor load cell, tetapi juga memperluas aplikasinya menjadi bagian dari sistem kendali terintegrasi yang siap diterapkan pada lini produksi UKM pangan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol *automatic noodle weigher* and PID-based conveyor dengan kapasitas maksimal 1 kg terbukti mampu bekerja dengan baik. Dari total 60 kali percobaan, sistem menghasilkan rata-rata error sebesar 0,75% dengan tingkat keberhasilan 99,5% dalam menjaga konsistensi berat mi pada target 50 gram. Kinerja servo juga menunjukkan hasil yang optimal, di mana perangkat ini berhasil mengatur dua proses utama, yaitu pemotongan adonan dan pengendalian buk penampung. Saat sensor loadcell membaca beban sebesar 42 gram, servo pemotong aktif dengan durasi kerja rata-rata dua detik, kemudian buk penampung membalik adonan ke konveyor dalam waktu empat detik. Sementara itu, konveyor belt berukuran 100×20×8 cm mampu bekerja pada kecepatan 26 cm/ms dengan stabil, menggunakan parameter hasil tuning PID yaitu $K_p = 1,5$, $K_i = 1$, dan $K_d = 1,7$. Dengan demikian, sistem ini berhasil mencapai tujuan utama penelitian, yaitu meningkatkan presisi, kestabilan, dan efisiensi pada proses penimbangan serta pemotongan mi.

Meskipun hasil yang diperoleh cukup memuaskan, penelitian ini masih memiliki sejumlah keterbatasan yang dapat diperbaiki pada pengembangan selanjutnya. Salah satu rekomendasi adalah peningkatan kapasitas alat agar mampu menimbang adonan lebih dari 1 kg sehingga lebih sesuai dengan kebutuhan produksi berskala industri. Selain itu, penggunaan sensor yang lebih presisi sangat dianjurkan, mengingat loadcell yang dipakai masih cukup sensitif terhadap getaran lingkungan. Penelitian mendatang juga dapat mempertimbangkan penerapan metode kontrol lain selain PID, apabila kondisi sistem memerlukan pendekatan yang lebih adaptif. Aspek desain alat juga perlu mendapat perhatian, terutama dalam hal estetika dan ergonomi, agar tidak hanya fungsional tetapi juga memiliki nilai jual yang lebih tinggi. Lebih lanjut, hasil pengujian menunjukkan bahwa motor konveyor sesungguhnya dapat dikendalikan menggunakan PWM sederhana tanpa harus selalu mengandalkan PID, sehingga penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi strategi kontrol yang lebih efisien sesuai kebutuhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chyzykhov, D., Widziewicz-Rzońca, K., Błaszczak, M., Rogula-Kopiec, P., & Słaby, K. (2023). Automatic weighing system vs. manual weighing precision comparison in PM-loaded filter measurements under different humidity conditions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(11), 1393. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11939-7>
- Galina, M. (2024). Design and Implementation of Home Industrial-Based Automatic Granulated Food Weighing Machine. *JURNAL INFOTEL*, 16(3). <https://doi.org/10.20895/infotel.v16i3.1168>
- Guner, C., Basdogan, H., & Eris, A. (2024). Consumption Behaviors and Factors Influencing Preferences for Instant Noodles: The Case of Turkiye. *International Journal of Gastronomy Research*, 3(2), 54–61. <https://doi.org/10.56479/ijgr-44>
- Jambormias, M., Faridah, D. N., Muhandri, T., & Polnaya, F. J. (2025). Karakteristik fisikokimia tepung lima varietas lokal gembili dan potensinya dalam pengembangan mi bebas gluten. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 19(2), 402–412. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v19i2.25571>
- Kesiananda, T. A., & Ningrum, D. N. A. (2023). The Relationship Between Instant Noodle Consumption and the Proportion of Hypertension Aged > 18 Years According to Provinces in Indonesia. *Proceeding.Unnes*. <https://doi.org/https://doi.org/10.15294/icohespe.2025.4160>
- Kılınç, I., Nasyiruddin, R., Ramandani, A., & Kılınç, B. (2025). *Innovative Manufacturing of Fish-Enriched Instant Noodles: A Perspective of Circular Economy and Sustainability Approach*. 1, 38–49.

- Komarudin, N. A., Fahrurnisa, F., & Afgani, C. A. (2025). Evaluation of Rural Community Adaptation and Mitigation to Climate Change Using a Discrete Choice Experiment. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan (Applied Agroecotechnology Journal)*, 6(1), 74–85.
- Kusumo, S. H. H., Siswadi, S., & Setyono, G. (2022). Pemberdayaan Mesin Teknologi Tepat Guna Pembuat Dan Pengereng Mie Pipih Berkapasitas 5kg/Jam Untuk Peningkatan Produksi UKM Di Gresik. *Pengabdian Masyarakat Dan Inovasi Teknologi (DIMASTEK)*, 1(01), 23–28. <https://doi.org/10.38156/dimastek.v1i01.19>
- Madhavan, M., Sharafuddin, M. A., & Wangtueai, S. (2024). Measuring the Industry 5.0-Readiness Level of SMEs Using Industry 1.0–5.0 Practices: The Case of the Seafood Processing Industry. *Sustainability*, 16(5), 2205. <https://doi.org/10.3390/su16052205>
- Moraes, T. A., da Silva, M. T., & Euzébio, T. A. M. (2024). Delay Compensation in a Feeder–Conveyor System Using the Smith Predictor: A Case Study in an Iron Ore Processing Plant. *Sensors*, 24(12), 3870. <https://doi.org/10.3390/s24123870>
- Putri, M. D. I., Ma'arif, A., & Puriyanto, R. D. (2022). Pengendali Kecepatan Sudut Motor DC Menggunakan Kontrol PID dan Tuning Ziegler Nichols. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 23(1), 9–18.
- Sudirman, I. D., Astuty, E., & Aryanto, R. (2025). Enhancing Digital Technology Adoption in SMEs Through Sustainable Resilience Strategy: Examining the Role of Entrepreneurial Orientation and Competencies. *Journal of Small Business Strategy*, 35(1). <https://doi.org/10.53703/001c.124907>
- Susanto, A., & Septian, H. (2024). Mengapa Mie instan di Indonesia Menjadi Konsumen Terbesar di Dunia? In *jurno.id*. <https://jurno.id/jurnopedia/mengapa-mie-instan-di-indonesia-menjadi-konsumen-terbesar-di-dunia>
- Thin, P. P., Win, H. H., Soe, A. K., & Latt, A. K. (2024). Development and testing of a semi-automatic machine for making noodles. *Advanced Engineering Letters*, 3(2), 64–75. <https://doi.org/10.46793/adeletters.2024.3.2.3>
- Toiba, H., Noor, A. Y. M., Rahman, M. S., Hartono, A., Asmara, R., & Retnoningsih, D. (2023). Consumers' Preference and Future Consideration Toward Organic Instant Noodles: Evidence from Indonesia. *Agris On-Line Papers in Economics and Informatics*, 15(1), 127–137. <https://doi.org/10.7160/aol.2023.150110>
- Venkataramanan, V., Verma, S., Samant, A., & Mehta, N. (2023). Automatic batch weighing and discharge system using NI LabVIEW and auger mechanism. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 6, 100322. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2023.100322>
- Wardhana, A. S., Hamdani, C. N., Dewi, A. K., Ravy, J. U., Aji, F., & Hendrawati, D. (2023). Design of feed rate control system on loss in weight feeder using programmable logic controller. *Jurnal Polimesin*, 21(1), 93–100.
- Waseem, M., Bhatta, K., Li, C., Haider, N., & Chang, Q. (2024). Energy-efficient and quality-focused control of conveyor belt dryers in petrochemical production. *Npj Advanced Manufacturing*, 1(1), 10. <https://doi.org/10.1038/s44334-024-00010-z>
- (WINA), W. I. N. A. (2025). Demand Rankings. In *World Instant Noodles Association (WINA)*. https://instantnoodles.org/en/noodles/demand/table/?utm_source=chatgpt.com
- Yang, C., Chen, B., Bu, L., Zhou, L., & Ma, L. (2023). Low-order dynamical model and distributed coordinated model predictive control for multi-stage belt conveyor systems. *Journal of Process Control*, 124, 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2023.02.010>
- Zare, L., Ali, M. Ben, Rauch, E., & Matt, D. T. (2025). Navigating challenges of small and medium-sized enterprises in the Era of Industry 5.0. *Results in Engineering*, 27, 106457. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106457>

