pISSN : 0852-0232, eISSN : 2656-582X DOI : 10.14710/gt.v23i1.xxxxx

IMPLEMENTASI LOAD CELL SEBAGAI UMPAN BALIK SISTEM KENDALI GAYA TEKAN PADA RANCANG BANGUN ALAT PRES MODUL LED AC DI VOCALITE

Ryan Juliary 1), Dista Yoel Tadeus 2)

[1)]Program Studi Str. Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
E-mail :distayoel@gmail.com

ABSTRACT

The process of installing AC LED modules into the housing in Vocalite requires sufficient pressure to lock the modules in place; however, excessive force can damage the plastic housing or electronic components. This study designed an Arduino Nano-based pneumatic press equipped with a load cell as the primary feedback for pressure. Load cell data is read via the HX711, while the WPT-83G pressure sensor is used to monitor air pressure. The Arduino Nano controls a relay and a 5/2-way solenoid valve to actuate the AirTAC SC 50 x 150 cylinder and halt the process when the force reaches the setpoint. Testing included power supply output verification, load cell calibration, pressure readings, characterization of the relationship between pressure and thrust force, and repeated testing on the AC LED modules. Test results showed an average load cell error of 0.26% and an average pressure sensor error of 0.52%. The actual thrust increased from 151.54 N at 1 bar to 380.09 N at 5 bar, while the theoretical calculation increased from 196.35 N to 981.75 N. In repeated testing with a target of 303.08 N, the system successfully deactivated the relay and retracted the cylinder in 20 out of 20 cycles. All samples had an installation depth of 5 mm with a range of 0 mm, and no visual damage was found. However, some of the force characterization data exceeded the load cell's nominal capacity of 20 kg; therefore, validation using a higher-capacity force sensor is necessary for a more robust quantitative force analysis

Keywords : *load cell, pneumatic, compressive force, Arduino Nano, AC LED module*

PENDAHULUAN

Perakitan lampu LED di Vocalite mencakup tahap pemasangan modul LED AC ke dalam *housing* plastik dengan metode *press-fit*. Tahap ini membutuhkan gaya yang cukup untuk menempatkan PCB pada dudukannya secara rapat. Karena *housing* terbuat dari plastik dan modul memuat komponen elektronik, gaya yang terlalu kecil dapat menyebabkan pemasangan tidak sempurna, sedangkan gaya berlebih berpotensi menyebabkan retak, perubahan bentuk, atau kerusakan komponen.

Proses pengepresan manual atau semiotomatis yang hanya mengandalkan perkiraan operator memiliki kelemahan pada konsistensi gaya. Kondisi tersebut mendorong penggunaan sensor agar besarnya gaya dapat diukur secara kuantitatif. Penelitian pengepresan pneumatik sebelumnya menunjukkan bahwa aktuator pneumatik dapat diintegrasikan dengan mikrokontroler untuk menjalankan proses pengepresan otomatis [1]. Penelitian lain juga menunjukkan pemanfaatan mikrokontroler, sensor tekanan, *relay*, dan katup pneumatik sebagai sistem kendali berbasis data sensor [2].

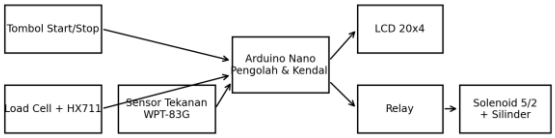
Dalam pengukuran gaya, *load cell* dapat digunakan sebagai sensor umpan balik untuk sistem kendali mesin pres. Simamora menerapkan *load cell* dan Arduino Nano pada mesin pres kompaksi dan menunjukkan bahwa hasil kalibrasi sensor dapat digunakan sebagai dasar pengendalian gaya [3]. Kalibrasi menjadi tahapan penting karena pembacaan sensor harus dibandingkan dengan beban acuan sebelum digunakan dalam sistem kendali [4].

Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini mengimplementasikan *load cell* sebagai *feedback* gaya tekan pada alat pres pneumatik modul LED AC. Tujuannya adalah merancang sistem pengepresan yang mampu membaca gaya selama proses, menghentikan penekanan ketika nilai yang ditetapkan tercapai, mengembalikan silinder ke posisi awal, serta mengevaluasi konsistensi hasil pemasangan melalui pengujian berulang.

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Sistem menggunakan Arduino Nano sebagai pusat kendali. *Input* berasal dari tombol start dan stop, *load cell* berkapasitas 20 kg melalui modul HX711, serta *pressure sensor* WPT-83G. *Output* sistem berupa LCD 20 x 4 untuk menampilkan status dan hasil pembacaan, serta *relay* yang mengendalikan *solenoid valve* 5/2. Katup mengatur aliran udara menuju silinder pneumatik *double-acting* AirTAC SC 50 x 150 yang dipasang vertikal sebagai aktuator pengepres.



Gambar 1. Blok kerja sistem alat pres pneumatik

Supply Mean Well RD-35A menyediakan dua level tegangan. Jalur 5 V DC digunakan untuk Arduino Nano, HX711, *pressure sensor*, LCD, dan sisi kendali *relay*, sedangkan jalur 12 V DC digunakan untuk koil *solenoid valve*. Pada bagian pneumatik, udara dari kompresor diatur melalui filter regulator sebelum masuk ke *solenoid valve*

dan silinder. Kecepatan langkah maju dan mundur diatur menggunakan *speed controller*.

B. Logika Kendali Gaya

Setelah tombol start ditekan, Arduino mengaktifkan *relay* sehingga *solenoid valve* mengarahkan udara untuk menggerakkan silinder turun. Selama penekanan, pembacaan *load cell* terus dibandingkan dengan *setpoint*. Ketika gaya yang terbaca sama dengan atau lebih besar dari *setpoint*, *relay* dinonaktifkan. *Solenoid valve* kemudian kembali ke posisi normal oleh pegas dan silinder bergerak naik ke posisi awal. Setelah beban terlepas, sistem menjalankan *tare* agar pembacaan *load cell* kembali mendekati nol sebelum siklus berikutnya.

Pressure sensor tidak digunakan sebagai umpan balik utama penghentian, tetapi sebagai parameter pemantauan kondisi pneumatik. Sinyal analog sensor dibaca melalui pin A0 dan dikonversi dari rentang 0,5-4,5 V menjadi tekanan 0-12 bar. Nilai tekanan ditampilkan pada LCD dalam satuan bar dan MPa.

C. Karakterisasi Gaya Silinder

Silinder memiliki diameter piston 50 mm. Gaya dorong teoretis dihitung dari luas penampang piston dan tekanan udara dengan persamaan F = P x A, dengan A = piD^2/4. Untuk diameter 0,05 m diperoleh luas penampang 1,9635 x 10^-3 m2. Karena 1 bar setara 100.000 Pa, kenaikan tekanan 1 bar secara ideal meningkatkan gaya sekitar 196,35 N.

Pengukuran aktual dilakukan tiga kali pada setiap tekanan nominal 1-5 bar. Nilai pembacaan dalam gram dikonversi menjadi newton dengan faktor 0,00980665. Rata-rata gaya aktual kemudian dibandingkan dengan gaya teoretis dan dihitung penyimpangannya terhadap nilai teoretis.

D. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan pada keluaran *supply* 5 V dan 12 V, kalibrasi *load cell* menggunakan lima beban acuan, pembandingan *pressure sensor* terhadap indikator AFR2000, karakterisasi gaya silinder, serta pengujian berulang. Pada pengujian berulang digunakan dua kelompok sampel modul dan *housing*. Respons *relay*, gerakan kembali silinder, kedalaman pemasangan PCB, dan kondisi fisik hasil pengepresan diperiksa pada setiap siklus.

HASIL PENGUKURAN DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian *Supply* dan Sensor

Keluaran 5 V DC terukur 5,100 V saat sistem siap dan 5,099 V selama proses pengepresan. Perubahannya hanya 0,001 V sehingga jalur 5 V relatif stabil. Pada keluaran 12 V DC, tegangan turun dari 11,94 V menjadi 11,23 V ketika pengepresan berlangsung. Penurunan 0,71 V menunjukkan bahwa beban koil solenoid memberi pengaruh lebih besar pada jalur 12 V dibandingkan beban kendali pada jalur 5 V.

Kalibrasi *load cell* menggunakan faktor 104,27. Lima beban pembanding sebesar 82 g, 175 g, 341 g, 469 g, dan 2025 g menghasilkan pembacaan 81,35 g, 175,18 g, 341,47 g, 469,32 g, dan 2028,59 g. Rata-rata error yang diperoleh sebesar 0,26%. Hasil ini menunjukkan bahwa pembacaan pada rentang kalibrasi cukup dekat dengan beban pembanding.

Pressure sensor dibandingkan dengan indikator AFR2000 pada tekanan 1-5 bar. Pembacaan LCD masing-masing adalah 1,02; 2,00; 3,01; 4,01; dan 5,00 bar. Rata-rata error sebesar 0,52%, dengan selisih terbesar 0,02 bar pada titik 1 bar. Dengan demikian, sensor dapat digunakan sebagai pemantau tekanan udara pada sistem.

Parameter	Kondisi	Hasil
Load cell	Rata-rata error	0,26%
Pressure sensor	Rata-rata error	0,52%
Supply 5 V	Siap / pressing	5,100 / 5,099 V
Supply 12 V	Siap / pressing	11,94 / 11,23 V

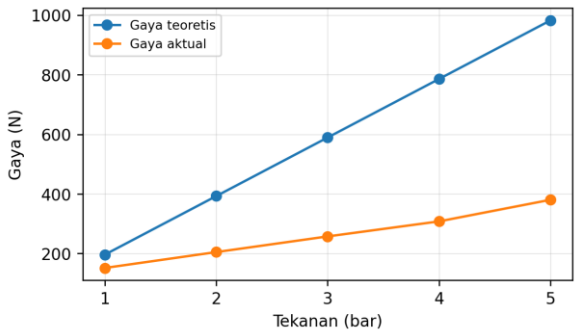
Tabel 1. Ringkasan pengujian supply dan sensor

B. Karakterisasi Gaya Dorong Silinder

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa gaya aktual meningkat seiring kenaikan tekanan. Pada 1 bar rata-rata gaya aktual sebesar 151,54 N, sedangkan pada 5 bar mencapai 380,09 N. Secara teoretis, gaya meningkat dari 196,35 N pada 1 bar menjadi 981,75 N pada 5 bar. Hubungan teoretis bersifat linier karena luas penampang piston dianggap tetap.

P (bar)	Teoretis (N)	Aktual (N)	Deviasi (%)
1	196,35	151,54	22,82
2	392,70	204,76	47,86
3	589,05	257,28	56,32
4	785,40	307,71	60,82
5	981,75	380,09	61,28

Tabel 2. Perbandingan gaya dorong teoretis dan aktual



Gambar 2. Hubungan tekanan udara dengan gaya dorong

Gaya aktual berada di bawah gaya teoretis pada seluruh titik pengujian. Secara mekanis, perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh gesekan piston dan seal, rugi tekanan pada katup dan selang, tekanan balik, serta kondisi dinamis saat penekan menyentuh benda uji. Namun, interpretasi selisih ini perlu dilakukan dengan hati-hati karena kapasitas nominal *load cell* yang digunakan adalah 20 kg atau sekitar 196 N. Pembacaan pada tekanan 2-5 bar berada di atas kapasitas nominal tersebut. Oleh sebab itu, data karakterisasi di atas dapat menunjukkan kecenderungan peningkatan gaya, tetapi validasi nilai absolutnya memerlukan sensor gaya dengan kapasitas lebih tinggi.

C. Pengujian Penghentian Otomatis dan Hasil Pengepresan

Karakterisasi pada tekanan 5 bar menghasilkan rata-rata gaya aktual 380,09 N. Pada pengujian fungsi penghentian berulang, laporan menggunakan target gaya 303,08 N. Pengujian dilakukan 20 kali, terdiri atas 5 siklus pada kelompok *housing* 55 mm dan 15 siklus pada kelompok *housing* 60 mm. Pada seluruh siklus, *relay* berhasil mati secara otomatis dan silinder kembali ke posisi awal sehingga keberhasilan fungsi urutan kendali mencapai 100%.

Pengukuran kedalaman menunjukkan bahwa seluruh PCB terpasang pada kedalaman 5 mm. Nilai minimum dan maksimum sama sehingga rentang kedalaman adalah 0 mm. Pemeriksaan visual juga menunjukkan bahwa PCB terpasang rata, tidak ditemukan retak pada PCB maupun *housing*, komponen LED tidak bergeser, sambungan solder tidak terlepas, dan kabel tidak terjepit.

Parameter	Hasil
Jumlah pengujian	20 kali
Target gaya	303,08 N
Relay mati otomatis	20/20
Silinder kembali	20/20
Kedalaman PCB	5 mm
Rentang kedalaman	0 mm
Kondisi modul/*housing*	Baik
Keberhasilan fungsi	100%

Tabel 3. Ringkasan pengujian berulang

Hasil tersebut menunjukkan bahwa logika penghentian dan pengembalian silinder bekerja konsisten pada seluruh sampel yang diuji. Konsistensi kedalaman pemasangan juga dapat ditunjukkan secara kuantitatif dari rentang 0 mm. Akan tetapi, konsistensi nilai gaya puncak antar-siklus belum dapat dihitung secara lengkap karena gaya maksimum setiap siklus belum dicatat sebagai data terpisah. Selain itu, target 303,08 N berada di atas kapasitas nominal *load cell* 20 kg. Karena itu, evaluasi lanjutan perlu menggunakan *load cell* dengan kapasitas yang sesuai dan pencatatan gaya puncak setiap siklus agar rata-rata, rentang, dan simpangan gaya dapat dihitung secara valid.

KESIMPULAN

1. Alat pres pneumatik modul LED AC berhasil dirancang dengan Arduino Nano sebagai pusat kendali, *load cell* melalui HX711 sebagai *feedback* gaya tekan, *pressure sensor* sebagai pemantau tekanan, serta *relay* dan *solenoid valve* 5/2 sebagai pengendali gerakan silinder.
2. Pengujian sensor menunjukkan rata-rata error *load cell* sebesar 0,26% pada rentang beban kalibrasi dan rata-rata error *pressure sensor* sebesar 0,52% pada tekanan 1-5 bar. Keluaran *supply* 5 V relatif stabil, sedangkan keluaran 12 V turun dari 11,94 V menjadi 11,23 V ketika solenoid aktif.
3. Gaya aktual meningkat dari 151,54 N pada 1 bar menjadi 380,09 N pada 5 bar. Nilai tersebut lebih rendah daripada hasil teoretis, tetapi data di atas kapasitas nominal *load cell* 20 kg perlu divalidasi ulang menggunakan sensor gaya berkapasitas lebih tinggi.
4. Pada 20 kali pengujian berulang dengan target 303,08 N, fungsi penghentian otomatis dan pengembalian silinder berhasil pada seluruh siklus. Kedalaman pemasangan PCB sebesar 5 mm dengan rentang 0 mm dan seluruh sampel berada dalam kondisi visual yang baik.

SARAN

1. Menggunakan *load cell* atau sensor gaya dengan kapasitas di atas gaya maksimum silinder agar karakterisasi 1-5 bar dapat dilakukan tanpa melampaui kapasitas nominal sensor.
2. Mencatat gaya saat *relay* dimatikan dan gaya maksimum pada setiap siklus untuk menghitung rata-rata, rentang, dan simpangan gaya pengepresan secara kuantitatif.
3. Mengevaluasi penurunan tegangan pada jalur 12 V ketika solenoid aktif dan memastikan tegangan tetap berada pada rentang kerja komponen.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Moliza, Azhar, dan Suprihardi, "Rancang Bangun Sistem Pengepresan Kaleng Minuman Otomatis Menggunakan Aktuator Pneumatik Berbasis Arduino Uno," Jurnal TEKTRO, vol. 3, no. 1, 2019, doi: 10.30811/tektro.v3i1.1546.

[2] A. Umar, F. A. Rezwandi, H. N. Rohman, A. L. Prasasti, dan W. P. Tresna, "Pneumatic Pressure Control System with Microcontroller on Bullet Launcher," CEPAT Journal of Computer Engineering: Progress, Application and Technology, vol. 4, no. 1, pp. 29-36, 2025.

[3] B. Simamora, "Perancangan Sistem Kontrol dan Validasi Sensor *Load Cell* pada Mesin Press Kompaksi Berbasis Mikrokontroler Arduino," Skripsi S1, Universitas Mercu Buana, Jakarta, 2024.

[4] D. S. Arief, Minarni, A. Prayitno, M. Badri, A. S. Nugraha, dan A. Muflihana, "Calibration of 40 Kg Capacity Digital Scale on Automatic Machine Measurement Mass and Dimension Based on Arduino Uno Using CSIRO-NML: 1995 Method," Proceeding of Ocean, Mechanical and Aerospace -Science and Engineering-, vol. 5, no. 1, pp. 97-102, 2018.