



Perancangan Sistem Kendali Berbasis *Programmable Logic Control* untuk *Aerial Work Platform* – AWP75i

A Design of Control System with Programmable Logic Control Base for the Aerial Work Platform – AWP75

Ghany Heryana^{1,2,a)}, Marsellinus Bachtia A Wahyu¹, Hadi Sutanto¹

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Presiden

^{a)}Corresponding Author: heryanaghany@gmail.com; ghany.202304070513@student.atmajaya.ac.id

Abstrak

Perkembangan sebuah kota membuat kebutuhan infrastruktur penerangan, lalu-lintas, dan telekomunikasi meningkat. Penerangan jalan umum (PJU), lampu lalu-lintas, CCTV, kabel serat optik, dan lain-lain, terus dibangun. Di beberapa lokasi, dengan pertimbangan tertentu, perangkat-perangkat tersebut dipasang lebih tinggi dari permukaan jalan atau tanah. Dengan jumlah titik lokasi yang banyak, maka diperlukan sarana untuk perawatan atau perbaikan yang selain dapat dimobilisasi juga dapat menjangkau ketinggian perangkat yang dipasang. *Aerial Work Platform* AWP75 dirancang dan dibuat untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Metoda perancangan *mechanical* dengan bantuan CAD dan verifikasi menggunakan metoda Finite Element Analysis (FEA). Sedangkan perancangan kendali dilakukan dengan metoda simulasi menggunakan perangkat lunak otomasi industri. Dengan basis kendaraan bak terbuka kecil (mini *pick-up*), perangkat untuk mengangkat pekerja dan barang disematkan. Pada kendaraan tersebut terdapat lengan pengangkat yang dapat memanjang secara teleskopik dan dapat dilipat terhadap lengan utama. Lengan utama bertumpu pada mekanisme meja putar di atas rangka kendaraan. *Bucket* sebagai tempat teknisi dan barang, dipasang diujung lengan pengangkat. Daya hidrolik yang digunakan pada sistem berasal dari *Power Take Off* (PTO). Pengoperasian sistem dengan kendali PLC mengatur pergerakan secara *electrohidrolik*. Sistem berhasil bekerja dengan baik dan tidak terjadi kegagalan sistem kendali selama pengujian hingga batas waktu pengiriman.

Kata kunci: *aerial work platform*; *power take off*; *electrohidrolik*; PLC

Abstract

The development of a city increases the demand for lighting, traffic, and telecommunications infrastructure. Street lighting, traffic lights, CCTV, fiber optic cables, and other installations are continuously being built. In some locations, due to certain considerations, these devices are installed higher above the road or ground level. With the numerous installation points, there is a need for maintenance or repair equipment that are not only mobile but can also reach the height of these installations. The *Aerial Work Platform* AWP75 is designed and built to meet these needs. Mechanical design methods are assisted by CAD and verified using Finite Element Analysis (FEA) methods. Meanwhile, control design is carried out using simulation methods with industrial automation software. Based on a mini *pick-up* vehicle, a mechanism for lifting workers and goods is attached. This vehicle features a telescopic lifting boom that can extend and fold against the main boom. The main boom is mounted on a turntable mechanism on the vehicle's chassis. A bucket, which serves as a place for technicians and goods, is installed at the end of the lifting arm. The hydraulic power used in the system comes from the *Power Take Off* (PTO). The operation of the system with PLC control regulates movements *electro-hydraulically*. The system worked well, and no control system failures occurred during testing up to the delivery deadline.

Keywords: *aerial work platform*; *power take off*; *electrohidrolik*; PLC

PENDAHULUAN

Aerial Work Platform (AWP) adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk penanganan pekerjaan di ketinggian. Biasanya perangkat ini terdiri dari lengan yang disusun secara teleskopik dan beberapa dapat dilipat. Perangkat ini ada yang sifatnya dapat dimobilisasi terbatas dan dapat dimobilisasi bebas. Untuk jenis mobilisasi terbatas biasanya tidak dapat dikendarai seperti pada [Gambar 1](#).



Gambar 1. AWP tipe *telescopic* dan *scissor – limited mobility*[1]

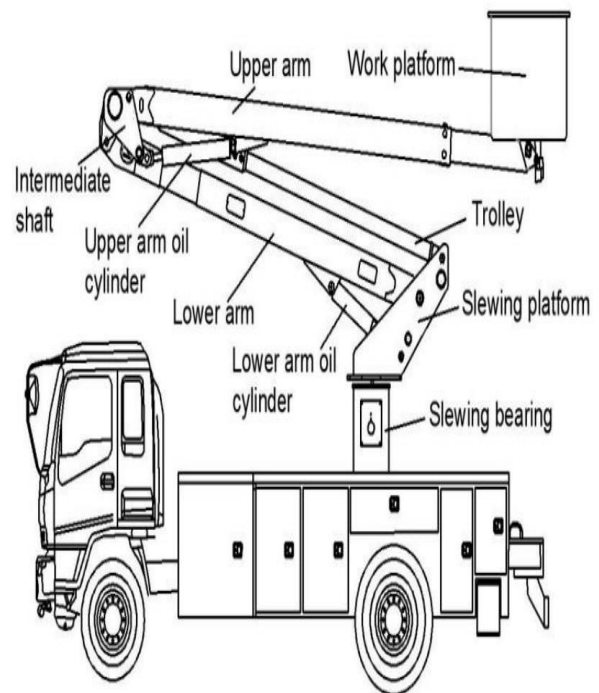
AWP yang dapat dimobilisasi bebas biasanya berada di atas kendaraan dan dapat dikendarai, sehingga memiliki izin untuk bergerak atau berpindah melalui jalan raya [Gambar 2](#).



Gambar 2. AWP jenis *mobile*[2]

Terdapat dua jenis mekanisme AWP yang populer, yaitu sistem teleskopik dan *scissor*. Sistem *scissor* memiliki mekanisme lengan seperti gunting yang disusun sedemikian rupa hingga dapat memanjang. Sedangkan sistem teleskopik memiliki lebih dari satu *boom* yang dapat memanjang.[3] Hal ini memungkinkan dengan cara menyusun beberapa *boom* secara bertingkat pada satu sumbu yang sama.

Lingkup AWP tipe *telescopic* terdapat beberapa istilah umum. Istilah tersebut tidak selalu sama, tergantung dari pabrikan atau pembuat. Namun biasanya penamaannya adalah berdasar fungsi dari bagian-bagiannya. Sebagai contoh, untuk istilah *lower arm* bisa juga disebut sebagai *lower boom*. Dan untuk *slewing bearing* bisa juga disebut sebagai *Rotating Mechanism* pada [Gambar 3](#).



Gambar 3. Nama bagian pada AWP tipe *teleskopik*[4]

Pemaparan dan perancangan serta pembuatan AWP sesuai dengan spesifikasi yang diminta oleh klien. Tipe yang diminta adalah AWP tipe *mobile* dengan ketinggian yang mampu dicapai adalah 7.5m diukur dari atas permukaan jalan. Kendaraan yang digunakan adalah jenis *pickup* dengan kapasitas angkut 750 kg berbahan bakar bensin.

Rancangan ini adalah penyempurnaan dari AWP generasi pertama yang pernah dibuat. AWP tersebut menggunakan sistem lengan sejajar untuk menjaga kesejajaran *bucket* ([Gambar 4](#)). Namun sistem tersebut tidak dapat diterapkan untuk tipe teleskopik.

Penyempurnaan lainnya adalah meningkatkan keamanan kendali dengan sistem digital menggunakan PLC.

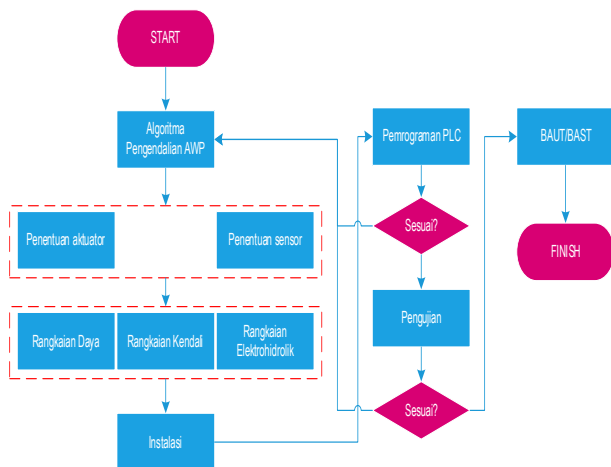


Gambar 4. AWP generasi 1

Tipe non *telescopic*, sistem lengan sejajar atau sistem mekanis murni masih dapat diterapkan, namun pada sistem teleskopik tidak memungkinkan. Dengan sistem kendali berbasis PLC, permasalahan tersebut dapat ditanggulangi dan kesalahan respons dari *actuator* dapat dihindari sehingga kerusakan perangkat dan kecelakaan kerja dapat di minimalkan.

METODOLOGI PERANCANGAN

Rancangan AWP merupakan sistem multidisipliner yang di dalamnya terdiri dari ilmu mekanik, elektrik, dan kendali. Penjabaran dari bidang tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Alur Proses Perancangan Sistem Kendali AWP

1. Mekanik

Bidang ini terdiri dari perancangan mekanisme *boom*, *rotator*, dan *bucket*. Lengkap dengan analisis kekuatan dan

ergonomisnya. Selain itu ada juga perencanaan untuk sistem mekanis *Power Take Off* (PTO) dan mekanisme penjaga stabilitas kendaraan saat AWP beroperasi yaitu kaki penyangga atau *outrigger*.

Analisis lainnya yang dikerjakan pada lingkup ini adalah penentuan titik tumpu silinder hidrolik, panjang TMB dan TMA, serta dimensinya. Dan yang tidak kalah penting adalah kekuatan chassis kendaraan dengan rotator atau *slewing bearing* akan ditempatkan.

2. Elektrikal dan Kendali

Perencanaan untuk sistem kelistrikan, baik untuk rangkaian daya maupun rangkaian kendalinya. Untuk sistem kendali diputuskan menggunakan PLC[5-7]. Bertanggung jawab terhadap berfungsinya sistem elektrohidrolik, sensor-sensor, *actuator*, dan *indicator* pada sistem AWP.

3. Hidrolik

Pembahasan mengenai penentuan sistem hidrolik, yang terdiri dari *powerpack*, penentuan jenis *valve*, dan motor hidrolik. Bagian ini termasuk salah satu yang krusial karena mampu tidaknya *boom* digerakkan ditentukan oleh kapasitas hidroliknya.[8]

Langkah pengoperasian AWP dibuatkan algoritmanya. Dari algoritma tersebut ditentukan jenis-jenis sensor dan *actuator* yang dibutuhkan. Setelah jenis dan spesifikasinya lengkap, dilanjutkan dengan pembuatan rangkaian daya, kendali, dan elektrohidrolik.

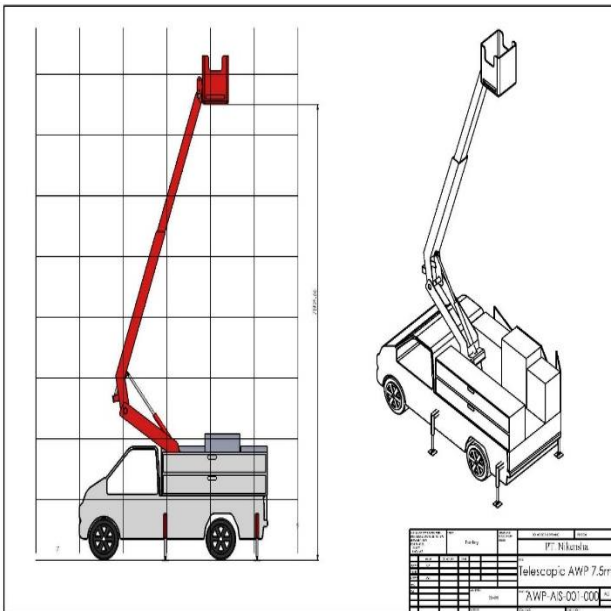
Rangkaian-rangkaian tersebut sudah dapat digunakan untuk acuan instalasi di kendaraan. Paralel dan setelah instalasi lengkap, program PLC dapat dibuat dan diuji coba secara parsial. Setelah seluruh sensor dan *actuator* dapat dikenali PLC, maka program dapat disempurnakan, kemudian diuji coba pengoperasian secara aktual.[9] Untuk dapat dinyatakan layak, uji coba dilakukan beberapa kali hingga seluruh *check list* pengujian terpenuhi. Dan kemudian dilanjutkan dengan berita acara uji terima dan serah terima (**Error! Reference source not found.**). Karena luas dan spesifiknya bidang yang harus dibahas, sedangkan *paper* dibatasi halaman, maka penulis memutuskan, pada *paper* ini akan ditekankan pembahasan tentang perencanaan dan perancangan sistem kendalinya. Sistem ini mencakup *elektrikal*, kendali, dan hidrolik dengan disupervisi PLC.

Aerial Work Platform (AWP) adalah sebuah sistem yang digunakan untuk melakukan pekerjaan di atas permukaan tanah, seperti perawatan, perbaikan, dan konstruksi. AWP biasanya digunakan dalam berbagai industri, seperti konstruksi, pertanian, dan perawatan jalan raya. AWP dapat berupa helikopter, pesawat terbang, atau

drone yang dilengkapi dengan peralatan dan teknologi untuk melakukan pekerjaan di atas permukaan tanah.

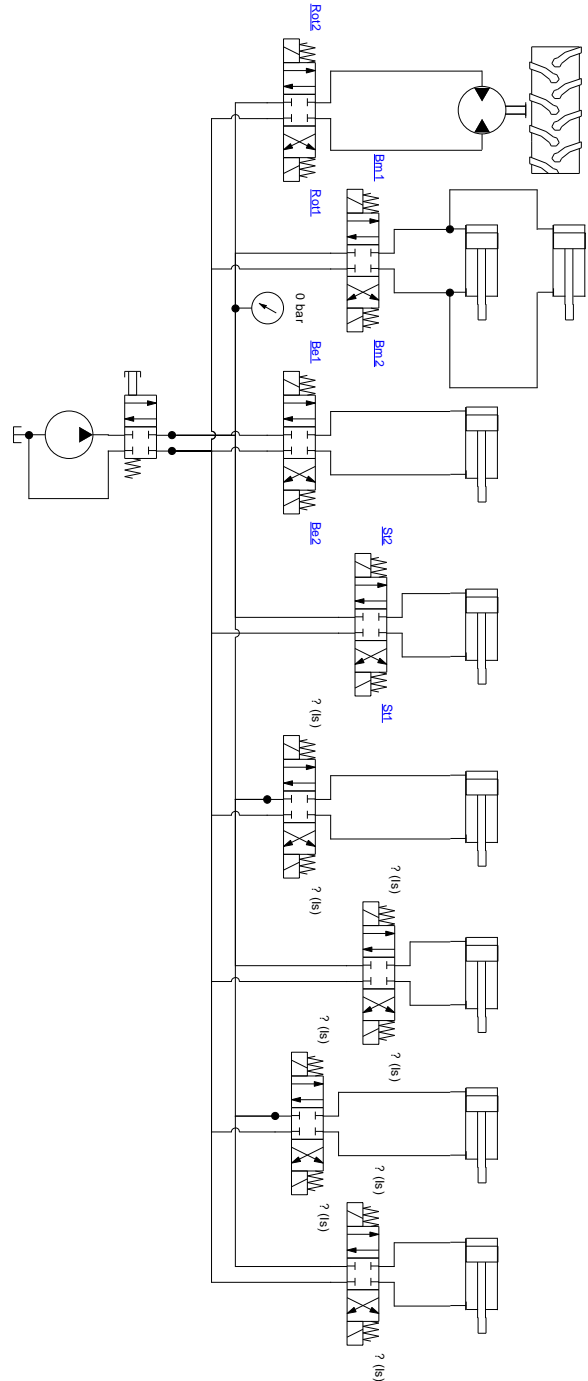
Namun, AWP memiliki beberapa kelemahan, seperti kesulitan dalam mempertahankan kestabilan, kesulitan dalam mengontrol gerakan, dan kesulitan dalam melakukan pekerjaan di lokasi yang sulit dijangkau. Oleh karena itu, penggunaan teknologi PLC (*Programmable Logic Controller*) pada AWP dapat membantu memperbaiki beberapa kelemahan tersebut.

PLC adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengontrol dan mengelola peralatan industri[10-12]. Dalam penggunaan AWP, PLC dapat digunakan untuk mengontrol gerakan AWP, memantau kondisi operasional, dan mengelola data yang terkait dengan pekerjaan di atas permukaan tanah. Dalam beberapa penelitian, penggunaan PLC pada AWP telah membantu meningkatkan kestabilan dan akurasi dalam pengukuran dan pemantauan. Oleh karena itu, penggunaan PLC pada AWP dapat menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas dalam melakukan pekerjaan di atas permukaan tanah.



Gambar 6. Rancangan AWP75

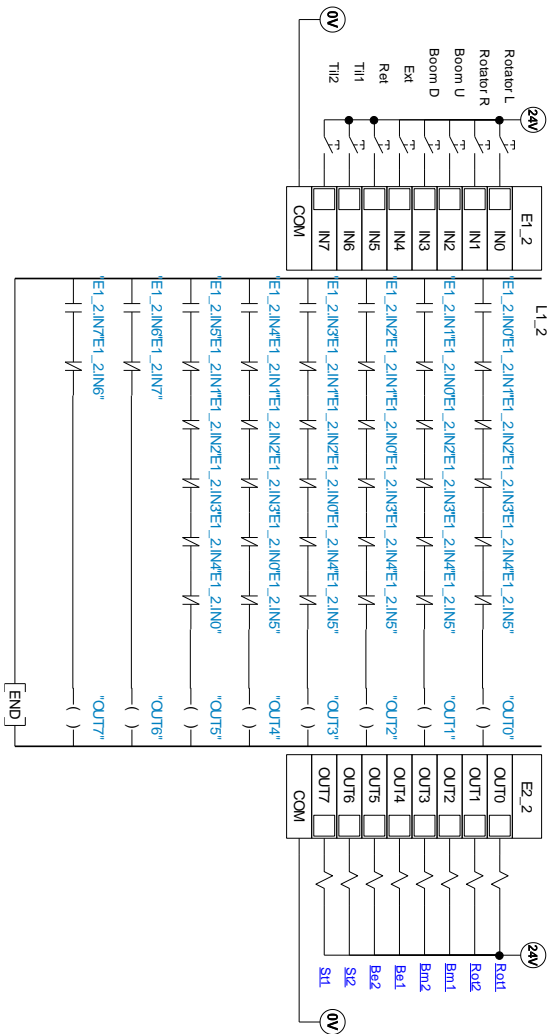
Sistem hidrolik AWP75 seperti pada **Gambar 6**, terdiri dari beberapa *linier double acting cylinder* (DAC) dan satu *rotary cylinder*. Boom pertama menggunakan dua DAC secara paralel dengan tujuan memperkecil dimensi silinder. Silinder tersebut berfungsi untuk melipat antara boom pertama dan kedua. Kemudian ada satu buah silinder untuk memperpanjang boom kedua, dan satu buah silinder untuk menjaga kesejajaran bucket (**Gambar 7**).



Gambar 7. Elektrohidrolik diagram

Sedangkan untuk stabilitas kendaraan selama AWP bekerja, dipasang empat *outrigger* hidrolik. Seluruh silinder pada rancangan AWP dikendalikan dengan *solenoid valve* 4/3. Sebagai valve utama, dipasang pula *toggle valve* 4/2 (

Gambar 7). Sumber daya pompa motor didapat dari putaran mesin melalui PTO (*Power Take Off*). [13-15]



Gambar 8. Ladder diagram AWP75

Pengendalian seluruh sistem elektrik dan elektrohidrolik menggunakan PLC. *Input* PLC tersebut terdiri dari *push button* dan *limit switch*. Sedangkan *output* terdiri dari *solenoid valve*, lampu indikator, *buzzer*, dan lain-lain (Gambar 8.). Power dari PLC dan komponen elektrik lainnya didapat dari *DC to DC converter* dan akumulator 12V pada kendaraan. Karena adanya NDA (*Non-Disclosure Agreement*), maka tidak seluruh list ladder diagram dapat ditampilkan pada *paper* ini. Untuk memudahkan penyajian, penulis menggunakan perangkat lunak simulasi otomasi.[16, 17]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian sistem kendali menunjukkan bahwa sistem hidrolik berjalan dengan baik. Pada kondisi tertentu, ketika beban pada *bucket* berat atau gerak angkat akan dipercepat, diperlukan putaran PTO yang lebih tinggi. Hal ini didapatkan dengan cara menambah RPM mesin kendaraan. Karena CC mesin kecil, terjadi penurunan RPM ketika PTO mendapat beban. Kondisi masih dalam batas normal dan dapat diterima oleh klien.

Sistem kendali PLC dengan *power* dari DC to DC converter dan akumulator berfungsi dengan baik. Kualitas kestabilan tegangan dan arus DC cukup baik dengan rentang tegangan saat ada beban antara 11.8 VDC hingga 12.2 VDC.

Pengaman putaran *rotary table* dan penjaga kesejajaran *bucket*, berupa *limit switch* berfungsi dengan baik. Tidak ada gerakan lebih atau kegagalan pembacaan limit.

Data hasil pengujian tidak dapat dipaparkan atau dilampirkan karena terkait dengan pengajuan hak cipta dan *non disclosure agreement* antara perancangan dan klien.

SIMPULAN

Sistem kendali PLC pada AWO-75 berhasil dan berfungsi dengan baik. Pengembangan yang dapat dilakukan untuk rancangan selanjutnya adalah penggunaan sensor giroskop untuk menjaga kestabilan *bucket*. Guna menurunkan biaya PLC, penggunaan *microcontroller* dapat menjadi alternatif lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SYSTEM, N.D. *Aerial Work Platforms*. [cited 2024 June 10]; Available from: <https://acim.nidec.com/drives/industry-applications/aerial-work-platforms>.
- [2] KOREA, K. [ATOM 320] *Korean Truck Mounted Aerial Work Platform*. 2024 [cited 2024 June 10]; Available from: <https://kr.kompass.com/p/z-ton-group-corporation/kr028178/atom-320-korean-truck-mounted-aerial-work-platform/d6ace7ab-f366-4ab5-9696-f002bc566c72/>.
- [3] Ćinkelj, J., et al., *Closed-loop control of hydraulic telescopic handler*. *Automation in Construction*, 2010. **19**(7): p. 954-963.
- [4] Guo, J., H. He, and C. Sun, *Analysis of the performance of aerial work platform working device based on virtual prototype and finite element method*. *Energy Procedia*, 2016. **104**: p. 568-573.
- [5] Heryana, G., et al. *Analisa counting system dengan 2 pilihan program produk pada proses spot welding di pt. Summit adyavinsa indonesia*. in *Seminar Nasional Teknik Elektro*. 2018.
- [6] Kamel, K. and E. Kamel, *Process control ladder logic trouble shooting techniques fundamentals*. *IRO Journal on Sustainable Wireless Systems*, 2019. **1**(4): p. 206-241.
- [7] Gupta, M.K., et al., *Smart electric control system using PLC & HMI*. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 2018. **9**(4): p. 548-555.
- [8] Heryana, G., et al., *ANALISA KEBUTUHAN DAYA MOTOR HIDROLIK PADA CAPSTAN*

BERKAPASITAS 3 TON. Jurnal Ilmiah Trendtech, 2018. **3**(1): p. 30-37.

- [9] Cheguri, S., E.V. Ramana, and K.K. Namala. *Modelling and simulation of PLC controlled semi automatic rotary indexing system for assembly of foot valve*. in *Journal of Physics: Conference Series*. 2023. IOP Publishing.
- [10] Hajar, I., D.J. Damiri, and M.T.B. Sitorus, *Penggunaan PLC dan HMI dalam Simulasi Kendali Ketinggian Air*. PROSIDING-SNEKTI, 2022. **3**.
- [11] Khoirurrizal, M., *RANCANG BANGUN MINIATUR LIFT 3 LANTAI MENGGUNAKAN PLC OMRON CPIE DENGAN HMI*. 2021, Universitas Sultan Agung.
- [12] Alzubaydy, A.I.J. and A.B. Aziz, *Automatic Control of Electrical overhead Smart Trolley Crane AEOSTC Based Programmable Logic Controller (PLC)*. AJER, 2017. **6**: p. 54-62.
- [13] Zeng, X., et al., *Auxiliary drive control strategy of hydraulic hub-motor auxiliary system for heavy truck*. 2016, SAE Technical Paper.
- [14] Diao, Z., et al., *Dynamic Characteristics of an Automotive Air-Conditioning Electromagnetic Clutch*. Processes, 2023. **12**(1): p. 80.
- [15] Plummer, A. and M. Schlotter. *Investigating the performance of a hydraulic power take-off*. in *Proceedings of the eight European wave and tidal energy conference, Uppsala*. 2009.
- [16] Saikumar, T.S.S. and C.R. Bandaru, *Design and simulation of automated pad printing machine using automation studio*. Materials Today: Proceedings, 2021. **45**: p. 2871-2877.
- [17] Suman, K. and S.B. Murthy. *Modelling and simulation of a pneumatic manipulator using automation studio*. in *AIP Conference Proceedings*. 2022. AIP Publishing.