

Perancangan Model Excavator dengan Penggerak Hydraulic Syringe Menggunakan Remote Control IoT

Marten Darmawan^{*}, Andrew C. J., Filbert, Sebastian M. P., Johanes V. K., Zephaniah I., Arka Soewono

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

E-mail: marten.darmawan@atmajaya.ac.id

ABSTRAK

Jurnal ini membahas tentang perancangan prototipe dari excavator dengan sistem penggerak lengan excavator menggunakan sistem hidrolik yang diterapkan menggunakan syringe. Perkembangan dalam dunia industri dan teknologi telah menuntut penggunaan mesin produksi yang mudah dikendalikan dan memiliki keakuratan maupun kekuatan yang sesuai. Sistem tenaga fluida adalah salah satu jenis sistem yang bekerja dengan memanfaatkan fluida gas maupun cair untuk melakukan transmisi gaya, sistem tersebut memiliki sensitivitas dan kekuatan yang baik untuk membantu kerja sebuah mesin secara mekanis. Sistem tenaga fluida yang digunakan dalam penelitian ini berjenis hidrolik sederhana yang memanfaatkan air sebagai fluida kerja, sedangkan sistem kontrol akan dirancang dengan memanfaatkan perangkat ESP 32 dan server milik Blynk. Hasil pengujian yang didapatkan yaitu hidrolik pada lengan pertama (Boom) mampu menarik beban hingga 2,55 N, hidrolik pada lengan tengah (Arm) mampu menarik beban hingga 2,5 N, hidrolik ketiga menunjukkan bahwa bucket mampu menarik beban hingga 1,4 N.

Kata kunci :

Hidrolik, Syringe; Excavator; Fluida; Internet of Things

ABSTRACT

This journal discusses the design of a prototype of an excavator with an excavator arm drive system using a hydraulic system that is applied using a syringe. Developments in the world of industry and technology have demanded the use of production machines that are easy to control and have the appropriate accuracy and strength. Fluid power system is one type of system that works by utilizing gas or liquid fluids to transmit force, the system has good sensitivity and strength to help work a machine mechanically. The fluid power system used in this study is a simple hydraulic type that utilizes water as the working fluid, while the control system will be designed by utilizing the ESP 32 device and Blynk's servers. The test results obtained are that the hydraulics in the first arm (Boom) are able to pull a load of up to 2.55 N, the hydraulics in the middle arm (Arm) are able to pull a load of up to 2.5 N, the third hydraulic shows that the bucket is able to pull a load of up to 1.4 N.

Keywords :

Hydraulic, Syringe, Excavator, Fluid, Internet of Things

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dalam dunia industri dan teknologi telah menuntut penggunaan mesin produksi yang mudah dikendalikan dan memiliki keakuratan maupun kekuatan yang sesuai. Sistem tenaga fluida adalah salah satu jenis sistem yang bekerja dengan memanfaatkan fluida gas maupun cair untuk melakukan transmisi gaya, sistem tersebut memiliki sensitivitas dan kekuatan yang baik

untuk membantu kerja sebuah mesin secara mekanis [1]. Selain itu, penggunaan sistem kontrol otomatis berbasis internet atau internet of things (IoT) juga terus berkembang karena dapat menunjang upaya mempermudah akses serta kontrol dari sebuah mesin produksi.

Pada dasarnya, sistem tenaga fluida diklasifikasikan menjadi dua kategori berdasarkan fasa fluida yang digunakan

yaitu sistem hidrolik dan pneumatik. Sistem hidrolik memanfaatkan fluida cair sebagai fluida kerja yang akan mentransmisikan gaya, sedangkan sistem pneumatik akan menggunakan fluida gas sebagai fluida kerja. Perbedaan diantara keduanya menghasilkan karakteristik sistem yang berbeda. Sistem hidrolik dengan fluida cair memiliki nilai kekuatan dan keakuratan yang lebih tinggi dari pneumatik karena kecenderungan fluida cair yang memiliki densitas atau kepadatan yang tinggi serta sifat tidak termampatkan (*incompressible*). Oleh sebab itu, sistem hidrolik seringkali dimanfaatkan untuk berbagai mesin-mesin produksi berskala besar dengan beban kerja yang cenderung berat serta membutuhkan keakuratan tinggi [2].

Excavator merupakan salah satu alat berat yang digunakan untuk mengangkat, mengeruk, maupun melakukan pekerjaan berat pada lingkungan pertambangan maupun konstruksi lainnya, kerja yang dilakukan oleh excavator menuntut alat tersebut untuk mampu mentransmisikan gaya yang cukup besar dengan keakuratan yang sangat tinggi [3]. Selain itu, excavator juga seringkali digunakan pada berbagai lokasi yang memiliki tingkat resiko kecelakaan yang tinggi, terlebih lagi bagi operator yang bekerja di dalam excavator tersebut. Salah satu upaya meningkatkan keselamatan dan meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja pada lokasi konstruksi, pertambangan, maupun proyek lain yang memanfaatkan excavator adalah dengan memanfaatkan sistem kontrol jarak jauh yang akan menggantikan fungsi operator di lapangan, sistem tersebut bekerja dengan berbagai macam cara dan salah satunya adalah dengan menggunakan jaringan internet (IoT). Operator yang bertugas mengendalikan excavator nantinya tidak perlu lagi berada di lapangan melainkan berada di lokasi lain yang memiliki tingkat keamanan lebih baik.

Internet of things adalah salah satu teknologi yang memungkinkan benda-benda di sekitar kita terhubung pada sebuah jaringan internet [4]. Oleh sebab itu, konektivitas yang terjadi akan

memungkinkan pengguna untuk menerapkan sistem kontrol jarak jauh untuk benda-benda tersebut.

Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk merancang model prototipe excavator yang dioperasikan dengan sistem fluida hidrolik dan dikombinasikan dengan sistem kontrol jarak jauh berbasis internet (IoT). Sistem tenaga fluida yang digunakan dalam penelitian ini berjenis hidrolik sederhana yang memanfaatkan air sebagai fluida kerja, sedangkan sistem kontrol akan dirancang dengan memanfaatkan perangkat ESP 32 dan server milik Blynk.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Pembuatan rangka sistem dilakukan dengan menggunakan bahan yang mudah didapatkan seperti stik es krim dan suntikan. Suntikan dipilih karena suntikan dapat menjadi analogi untuk silinder hidrolik yang baik dan juga harga suntikan yang murah untuk membuat barang dengan skala kecil. Sebagai penggerak sistem digunakan motor DC dengan menggunakan gearbox sebagai analogi dari pompa. Motor DC ini digunakan untuk menggerakkan suntikan lain menggunakan threaded rod dan nut untuk mengubah gerak rotasi motor DC menjadi gerak translasi untuk mendorong dan menarik suntikan.

Sebagai pengatur gerak sistem dibuat sistem kontrol menggunakan IoT dengan menggunakan platform ESP 32 dan aplikasi Blynk.

1. Suntikan 5 mL

Dua buah suntikan 5 mL digunakan sebagai aktuator hidrolik dalam model sistem ini. Kedua suntikan ini dihubungkan dengan menggunakan selang vinyl dan menggunakan air sebagai fluida kerjanya. Air dipilih sebagai fluida kerja karena air merupakan fluida yang tidak mudah terkompresi sehingga cocok digunakan untuk mendorong suntikan.

2. Motor DC dan H-Bridge

Motor DC digunakan sebagai penggerak elektromekanikal sistem ini. Motor DC sendiri adalah sebuah motor yang

memanfaatkan gaya Lorentz untuk menggerakkan poros motornya [5]. Medan magnet diciptakan oleh magnet permanen yang dipasang pada badan motor dan arus listrik didapatkan dari sumber arus DC dalam hal ini adalah empat baterai lithium ion. Motor DC yang dipilih juga merupakan motor DC yang memiliki gearbox untuk meningkatkan torsi dari setiap putaran agar dapat dengan mudah menggerakkan suntikan yang berisi air atau menggerakkan beban pada ujung excavator.

Rangkaian H-Bridge adalah rangkaian yang digunakan untuk dapat dengan mudah memutar balik polaritas dari sebuah tegangan. Driver H-bridge digunakan untuk dapat memutar polaritas yang masuk kedalam motor DC agar dapat membuat motor DC berputar searah jarum jam atau berlawanan dengan arah jarum jam. H-bridge sendiri dikontrol dari masukan sinyal yang dikirimkan oleh ESP32 yang dikirimkan langsung oleh pengguna melalui aplikasi Blynk.

3. Sumber Tenaga

Baterai lithium ion yang digunakan dalam proyek ini disusun secara seri dan paralel dengan karakteristik masing-masing baterai memiliki tegangan kerja 3.7 V dan kapasitas 2200 mAh. Saat baterai dihubungkan secara seri tegangan total yang didapatkan adalah 7.4 V dan kapasitas 2200 mAh, dan ketika dihubungkan secara paralel karakteristik total yang didapatkan adalah baterai dengan tegangan kerja 7.4 V dan kapasitas 4400 mAh. Sistem baterai ini digunakan untuk dapat menyuplai daya ke ESP32 dan empat motor DC.

4. ESP 32 dan Blynk

ESP 32 adalah sebuah mikrokontroler yang memiliki modul WiFi dan bluetooth yang terintegrasi di dalam boardnya. ESP 32 memudahkan pengguna untuk dapat menghubungkan sebuah projek dengan sistem internet agar dapat menjadi projek berdasarkan Internet of Things (IoT).

Dalam proyek ini untuk dapat mengontrol excavator dari internet dibutuhkan sebuah server yang menampung

segala informasi yang dikirimkan dan dapat diambil datanya oleh ESP 32. Server yang dimaksud adalah server dari Blynk, Blynk sendiri adalah piranti lunak yang mengkhususkan dalam pembuatan infrastruktur untuk mengakomodasi Internet of Things [6]. Aplikasi Blynk IoT memudahkan pengguna untuk dapat membuat GUI tersendiri yang dibutuhkan untuk membuat porjenya dapat berjalan dengan baik.

Penggunaan akan memasukan input pada GUI blynk yang sudah dibuat dan blynk secara otomatis akan mengirimkan data-data yang diinput dari aplikasi ke server dan kemudian ESP32 akan menarik data yang dikirimkan dari server untuk diterjemahkan dan diproses.

2.2 Pengambilan Data

Data utama yang diambil dalam penelitian ini beban maksimum yang dapat dikerjakan oleh model excavator ini. Untuk dapat mengambil data ini dilakukan penyusunan alat uji sederhana dengan mengikatkan beban pada lengan excavator dan kemudian digerakan bagian-bagian lengannya secara bergantian. Beban maksimum yang dapat ditarik oleh masing-masing lengan excavator dapat terlihat dari pegas yang teregang.

2.3 Perhitungan Fluid Power

Hidrolik yang digunakan dalam sistem excavator ini sama, yaitu syringe 5 ml, maka luas area penampang dan debit dari fluida akan sama. Perhitungan luas dan debit fluida masing-masing menggunakan Persamaan (1) dan (2) di bawah ini..

$$A = \pi D^2 / 4 \quad (1)$$

dimana:

$$\begin{aligned} A &= \text{Luas penampang syringe (mm}^2\text{)} \\ D &= \text{Diameter syringe (mm)} \end{aligned}$$

$$Q = V/t \quad (2)$$

diaman:

$$\begin{aligned} Q &= \text{Debit Fluida (mm}^3\text{/s)} \\ V &= \text{Volume syringe (mm}^3\text{)} \end{aligned}$$

t = waktu (s)

Data yang dihasilkan dari pengujian beban yaitu, berupa gaya akan digunakan untuk mengukur besarnya tekanan pada *syringe* (persamaan 3) dan kemudian nilai tekanan tersebut akan digunakan untuk menghitung *fluid power* pada masing-masing lengan hidrolik. Perhitungan *fluid power* sendiri dapat ditentukan menggunakan persamaan (4) di bawah ini.

$$p = F/A \quad (3)$$

dimana:

p = Tekanan (MPa)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang (mm^2)

$$P = pQ \quad (4)$$

dimana:

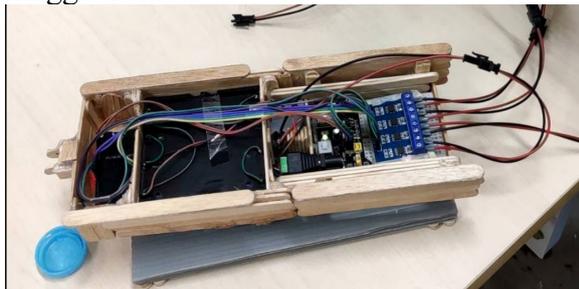
P = *Fluid Power* (kW)

p = Tekanan (MPa)

Q = Debit (mm^3/s)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

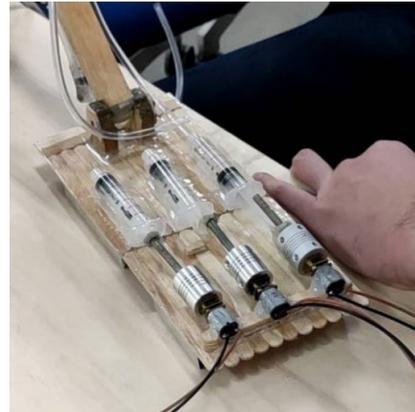
Excavator dibuat dengan menggunakan bahan dari stik es krim dengan hasil akhir seperti pada Gambar 1 hingga Gambar 4.



Gambar 1. Hasil Akhir Model Excavator (Sistem Elektronik)



Gambar 2. Hasil Akhir Model Excavator (Tampak Samping)



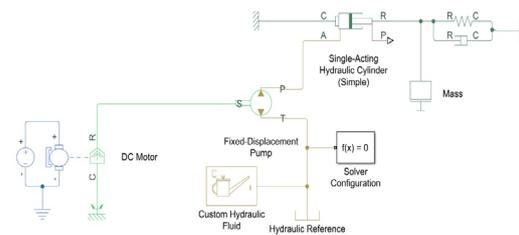
Gambar 3. Hasil Akhir Model Excavator



Gambar 4. Hasil Akhir Model Excavator

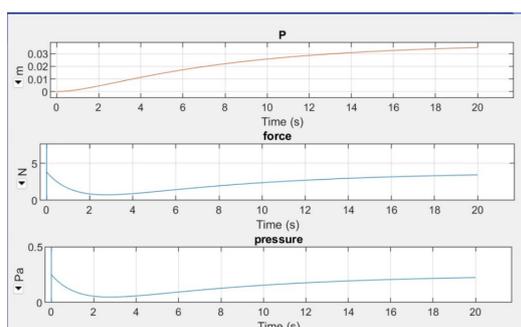
Model kemudian digerakan dengan menggunakan aplikasi Blynk yang sudah dibuat untuk menggerakkan model. Dari hasil uji coba gerak, model dapat bergerak dengan baik dan responsif terhadap setiap masukan input yang diberikan melalui aplikasi Blynk. Setelah lulus uji coba gerak kemudian model dipersiapkan untuk pengujian kekuatan mekaniknya.

Dalam tahap pengujian sebelumnya sudah dilakukan pengujian simulasi menggunakan aplikasi Matlab untuk melihat apakah model sistem dapat bergerak dengan baik dan mendapatkan hasil yang sesuai pengujian simulasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Simulasi Matlab

Dengan hasil pengujian simulasi terdapat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Simulasi Matlab

Pada Gambar 6 dapat dilihat tiga jenis grafik, grafik pertama menunjukkan posisi *syringe*, grafik kedua menunjukkan gaya yang dialami beban pegas pada simulasi, dan grafik ketiga adalah tekanan pada suntikan. Ketiga grafik ini dihasilkan dari simulasi menggunakan *Simscape* untuk Hidrolik yang tersedia pada Matlab dengan penyesuaian parameter sesuai dengan komponen benda yang akan digunakan.

Grafik pertama menunjukkan *syringe* bergerak ke posisi terekstensi dengan lama waktu 20 detik. Hal ini sejalan dengan yang terjadi pada model nyata dikarenakan pergerakan menggunakan *threaded rod* dan *nut* dan *gearbox* pada motor DC. hal ini menurunkan kecepatan rotasi *thread rod* dan meningkatkan torsi putarannya sehingga dapat memberikan gaya dorong yang lebih besar.

Grafik kedua menunjukkan gaya yang meningkat setiap detiknya. Hal ini dikarenakan beban pegas yang meregang setiap dilakukan penarikan oleh *syringe* dengan gaya maksimal berada diantara 2 N hingga 3 N.

Sedangkan pada grafik terakhir terdapat tekanan yang berbanding lurus dengan kenaikan gaya yang dikerjakan. Kenaikan tekanan ini sesuai dengan Persamaan (3) dengan nilai luas penampang (A) yang konstan dan gaya (F) yang berubah sehingga tekanan (P) pada *syringe* juga akan berubah.

Selanjutnya dilakukan percobaan eksperimental berupa pengukuran beban yang mampu ditarik oleh setiap derajat kebebasan dari *excavator*. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan pegas yang berada di dalam tabung ukur (beban dan perpindahan) dan disambungkan pada lengan dari *excavator*. Hasil maksimum

diperoleh ketika motor tidak lagi mampu menarik pegas dalam tabung ukur sesuai dengan yang terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian Beban Maksimum pada Excavator

Pengujian Beban pada Excavator

A. Motor DC dan Gearbox Pertama (*Boom*)

Pengujian pada motor DC dan *gearbox* pertama menunjukkan bahwa lengan pertama mampu menarik beban hingga 2,55 N hasil pengujian terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengukuran Beban Maksimum Motor DC dan Gearbox Pertama

B. Motor DC dan Gearbox Kedua (*Arm*)

Pengujian pada motor DC dan *gearbox* kedua menunjukkan bahwa lengan tengah (kedua) mampu menarik beban hingga 2,5 N hasil pengujian terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengukuran Beban Maksimum Motor DC dan Gearbox Kedua

C. Motor DC dan Gearbox Ketiga (Bucket)

Pengujian pada motor DC dan gearbox ketiga menunjukkan bahwa bucket mampu menarik beban hingga 1,4 N hasil pengujian terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengukuran Beban Maksimum Motor DC dan Gearbox Bucket

3.2 Perhitungan Tekanan dan Fluid Power dari Excavator

Pada model ini dilakukan perhitungan tekanan dan fluid power yang dihasilkan pada masing-masing komponen excavator yang dirangkum pada tabel 1 sebagai berikut

Tabel 1. Perhitungan Tekanan dan Fluid Power pada Masing-Masing bagian Excavator

Komponen	Tekanan (Mpa)	Fluid Power (kW)
Boom	0,015	3,75
Arm	0,0147	3,675
Bucket	0,00825	2,0625

SIMPULAN

Berdasarkan analisa dari hasil pengujian terhadap bagian-bagian lengan excavator dengan penggerak sistem hidrolis, maka dapat disimpulkan beban maksimum yang dapat diterima lengan pertama yaitu 2,55 N, lengan kedua yaitu 2,5 N, dan lengan ketiga yaitu 1,4 N. Hasil tersebut sejalan dengan hasil yang sudah didapatkan dari penggunaan simulasi pada Matlab sehingga dapat dikatakan model fisik yang dibuat sudah sesuai dan dapat digunakan dengan baik.

Kemudian hasil dari perhitungan menunjukkan tekanan yang dialami masing-masing lengan juga didapatkan dengan tekanan terbesar dialami oleh boom dengan nilai 0,015 MPa, kemudian arm sebesar 0,0147 MPa, dan terakhir pada bucket sebesar 0,00825 MPa. Fluid power yang bekerja pada masing-masing lengan adalah sebesar 3,75 kW pada boom, 3,675 kW pada arm dan 2,0625 kW pada bucket.

Selain itu penggunaan remote control berbasis IoT juga berjalan dengan baik untuk pembuatan sistem penggerak model. Model dapat bergerak dengan responsif tanpa kendala sesuai dengan input yang diberikan melalui aplikasi Blynk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "What is Fluid Power?" <https://www.nfpa.com/home/About-NFPA/What-is-Fluid-Power.htm> (accessed Jan. 11, 2022).
- [2] "Perbedaan Sistem Kerja Pneumatik dan Hidrolik - Inaparts.com." <https://inaparts.com/articles-inaparts/pneumatic-dan-hidrolik/> (accessed Jan. 11, 2022).
- [3] M. Oka, "ANALISA SISTEM HYDRAULIC UNTUK MENGETAHUI DAYA HYDRAULIC PUMP PADA KOMPONEN KERJA," 2020.
- [4] "What Is the Internet of Things (IoT)?" <https://www.oracle.com/internet-of-things/what-is-iot/> (accessed Jan. 11, 2022).

- [5] Working Principle of a DC Motor [Internet]. Circuit Globe. 2015 [dikutip 10 Januari 2022]. Tersedia pada: <https://circuitglobe.com/working-principle-of-a-dc-motor.html>
- [6] About us | Blynk [Internet]. [dikutip 10 Januari 2022]. Tersedia pada: <https://blynk.io/about>