

RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIK DUA AXIS BERBASIS KENDALI *ARDUINO* UNTUK PERAGA PRAKTIKUM

Suroso¹, Sujatno², Ruci Gelar Tambati³

Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir - Badan Tenaga Nuklir Nasional
Jl. Babarsari Kotak Pos 6101/YKBB Yogyakarta

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIK DUA AXIS DENGAN KENDALI BERBASIS *ARDUINO* UNTUK PERAGA PRAKTIKUM. Dunia pendidikan dituntut semakin mengikuti kemajuan teknologi yang terjadi pada industri. Proses pembekalan teknologi melalui kegiatan praktek membutuhkan peraga dan peralatan yang memadai untuk peningkatan kompetensi mahasiswa. Tujuan rancang-bangun untuk membuat sistem mekanik peraga praktikum dengan kendali berbasis Arduino. Metode rancang bangun dari mendisain alat, menghitung dan menentukan sistem mekanik, dengan hasil memilih *Ballscrew* untuk gerak rotasi dan memindah daya, serta motor stepper sebagai penggerak dengan kendali berbasis Arduino. Hasil rancang bangun untuk gerakan horizontal (sumbu-x) sejauh 300 mm dengan kecepatan rata-rata 62,5 mm/s dan gerakan vertikal (sumbu-y) atau gerak naik dan turun sejauh 115 mm dengan kecepatan rata-rata 54,7 mm/s, dengan beban 5 kg.

Kata kunci: Sistem mekanik, dua axis, *arduino*

ABSTRACT

MECHANICAL EQUIPMENT DESIGN TWO AXIS WITH ARDUINO BASE CONTROL FOR VISUAL PRACTICUM. The education required keep equal with technological developments in the industry. Learning technology process through practice activities requires visual and adequate equipment to improve the competence of students. The purpose of design to make a mechanical system with arduino controll base for visual equipment practicum. Methods of design, starting from design tools, compute, determining the mechanical system, with result ballscrew to transfer power and rotation, selected stepper motor as the drivingpower and arduino contrall base. Results of design for horizontal movement (x-axis) tomove along 300 mm with average speed of 62.5 mm/s, and vertical movement (y axis) or moving up and down along 115 m with an average speed of 54.7 mm/s, with a load of 5 kg.

Key words: mechanical systems, two axis, *arduino*

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang semakin modern menuntut dunia pendidikan untuk mengikuti kemajuan yang terjadi pada dinamika perkembangan teknologi pada industri. Perkembangan teknologi pendidikan dapat dilihat dengan semakin berkembangnya mata kuliah yang berhubungan dengan sistem otomasi, robotika dan sistem mekanik yang digerakkan dengan teknologi kontrol yang bertujuan untuk semakin meningkatkan kualitas dan pemahaman lulusan dunia pendidikan terhadap dunia otomasi termasuk robotika dan kontrol. Sebagaimana rancang bangun sistem mekanik dua axis yang menggunakan *ballscrew* berbasis kendali *arduino* ini diperuntukan sebagai media

pembelajaran, untuk memahami prinsip kerja motor stepper, arduino dan sistem mekanik *ballscrew* dua axis di lab mekatronika STTN. Tujuan dari rancang bangun ini adalah: (1) merancang bangun sistem mekanik menggunakan *ballscrew* dan *linear guideway* berbasis arduino, (2) melakukan pengujian unjuk kerja dan sistemnya. Alasan digunakannya *ballscrew* adalah dapat menekan gaya gesekan (menjadi minim) karena pada sistem screw terdapat nuts atau gotri antara rail dengan *block*, tahan korosi, kebisingan yang rendah, umur lebih awet, dan dapat bekerja secara presisi [7].

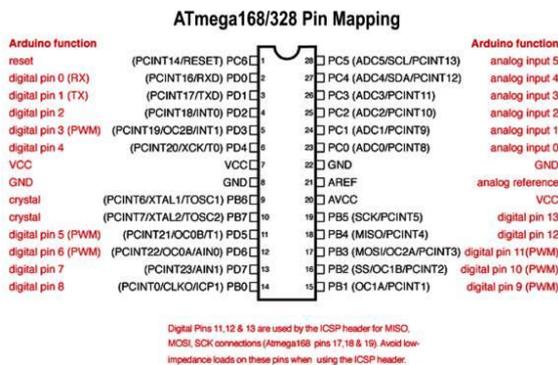
Dasar Teori

Sistem mekanik yang dikendalikan secara otomasi, menurut istilah teknik

sistem otomasi dapat didefinisikan sebagai suatu teknologi yang berkaitan dengan aplikasi mekanik elektronik dan sistem yang berbasis komputer (komputer, PLC atau mikro). Semuanya bergabung menjadi satu untuk memberikan fungsi terhadap manipulator (mekanik) sehingga akan memiliki fungsi tertentu. Dasar otomasi adalah penggunaan elektrik dan/atau mekanik untuk menjalankan mesin/alat tertentu, disertai “otak” yang mengendalikan mesin/alat tersebut agar produktivitas meningkat dan ongkos menurun.

Arduino Uno

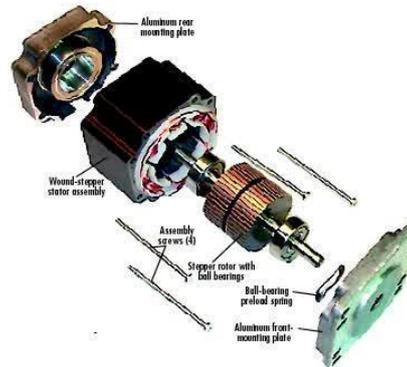
Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang menggunakan ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 digital pin input/output seperti pada Gambar 1. Terdapat 6 pin yang dapat digunakan sebagai output PWM, 6 input analog, 16 MHz resonator keramik, koneksi USB, jack daya, header ICSP, dan tombol reset^[13].



Gambar 1. Konfigurasi pin Arduino Uno^[12]

Motor Stepper

Motor stepper adalah motor yang bergerak tiap stepnya atas penerimaan perubahan frekuensi sinyal atau sering disebut dengan pulsa. Gerakan langkah demi langkah dinyatakan dalam sudut, misalkan 1 step = 0.9°, 1 step = 1.8°, ada juga 1 step = 7.5°.



Gambar 2. motor stepper^[8]

Motor stepper dapat diputar searah dengan jarum jam atau sebaliknya, oleh karena itu cocok untuk macam-macam control dan posisi dalam dunia industri. Gambar 2 memperlihatkan susunan koneksi kabel pada

Ballscrew

Ballscrew disebut juga dengan ball bearing screw, yang terdiri atas spindle screw dan nut. Ballscrew adalah tipe yang paling umum digunakan dalam actuator permesinan dan mesin pengukuran. Fungsi yang paling utama dari ballscrew adalah untuk merubah dari gerakan rotasi menjadi gerakan linear begitupun sebaliknya dengan performa tinggi, reversibility dan efisiensi tinggi jika dibandingkan dengan leadscrew. Pada bagian perancangan poros ulir dan tabung ulir dapat diketahui ukuran batas amannya dengan menggunakan persamaan (1) dan (2)^[1].

$$\sigma_t = \frac{P \cdot \text{faktor keamanan}}{\frac{\pi}{4} dk^2} \quad (1)$$

dengan :
σ = tegangan tarik yang diizinkan (kg/cm²)

P = beban (kg)

dk = diameter poros (mm)

$$P = \frac{H}{S} \cdot \frac{\pi}{4} (d^2 - dk^2) Nt \quad (2)$$

dengan :

P = beban (Newton)

H = tinggi tabung (cm)

d = diameter luar ulir (mm)
S = jarak puncak (mm)
dk = garis tengah rusuk (mm)
Nt = tekanan bidang yang diperbolehkan antara batang ulir dan tabung ulir.
Untuk St. 50 Nt = 125 - 175 kg/cm²

Linear Guid

Linear Guideway adalah suatu profil rel atau sistem rel *linear* yang khusus dikembangkan untuk aplikasi sistem otomatisasi mekanik dan diperuntukkan untuk memudahkan gerakan linear. *Linear guideway* memanfaatkan *rolling elements*, seperti bola-bola yang kecil agar koefisien gesek semakin kecil. Dengan memanfaatkan sirkulasi ulang rolling element antara *rail* dan *block*, linear guideway dapat mencapai gerakan linear yang presisi. Jika dibandingkan dengan slide yang tradisional, koefisien gesek untuk linear guideway mencapai 1/50 atau 0.02^[7]. Akibat dari penguncian antara *rail* dan *block*, *linear guideway* dapat dipasang dengan posisi beban dimana saja. Dengan kelebihan ini, *linear guideway* dapat digerakan dengan akurasi yang tinggi^[7].

Gaya dan Torsi

Gaya adalah sesuatu yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan percepatan dan/atau perubahan bentuk suatu benda. Arah gaya adalah arah percepatan yang diakibatkan oleh gaya itu sendiri. Besarnya gaya dapat didefinisikan sebagai hasil kali dari massa benda dengan besar percepatan yang dihasilkan oleh gaya.

Pada motor *stepper* umumnya tertulis spesifikasi Np (*step*/putaran). Sedangkan kecepatan pulsa diekspresikan sebagai pps (pulsa per *second*) dan kecepatan putar umumnya ditulis sebagai ω (rotasi / menit atau rpm). Kecepatan putar motor *stepper* (rpm) dapat diekspresikan menggunakan kecepatan pulsa (pps) sebagai berikut^[4] :

$$\omega = 60 \frac{\text{pps}}{N_p} [\text{rotasi/menit}] \quad (3)$$

dengan :

ω = rotasi/menit atau rpm
Np = jumlah step tiap putaran
pps = pulsa/detik

Torsi yang dapat dihasilkan oleh motor *stepper* dapat dihitung berdasarkan perbandingan daya kerja motor terhadap kecepatan putarannya atau dapat dirumuskan sebagai berikut^[4] :

$$\tau = \frac{P}{\omega} \quad (4)$$

dengan :

τ = Torsi dalam satuan (Newton meter)
P = Daya kerja motor dalam satuan (Watt)
 ω = Kecepatan perputaran motor dalam satuan (rpm)

Daya kerja motor dapat diketahui dengan persamaan berikut^[4] :

$$P = V \cdot I \quad (5)$$

dengan:

P = Daya motor (Watt)
V = Tegangan motor (Volt)
I = Arus motor (Ampere)

Untuk mengetahui beban maksimum yang dapat digerakkan motor *stepper* dapat diperoleh dengan menghitung torsi dengan menggunakan rumus^[4] :

$$\tau = F \cdot r \quad (6)$$

dengan :

F = Gaya berat yang bekerja terhadap motor (Newton)
r = Jarak sumbu putar pada motor atau jari-jari pulley (meter)

Untuk mengetahui torsi pada pulley pembeding dapat diperoleh dengan perbandingan rumus berikut^[4] :

$$\tau_1 \cdot d_1 : \tau_2 \cdot d_2 \quad (7)$$

dengan :

τ_1 = torsi pada pulley penggerak
 τ_2 = torsi pada pulley yang digerakan
 d_1 = diameter pulley penggerak
 d_2 = diameter pulley yang digerakan

Bearing

Bearing atau bantalan gelinding digunakan untuk menumpu kedua ujung batang ulir dan mengurangi gesekan agar gaya yang ditransmisikan dapat maksimal. *Bearing* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Single Row Groove Ball Bearing*, Gambar 2.5 *Bearing* ini mempunyai alur pada kedua cicinnya. Karena mempunyai alur, maka jenis ini mempunyai kapasitas dapat menahan beban secara ideal pada arah aksial dan radial. Maksud dari beban radial adalah beban tegak lurus dengan sumbu poros, sedangkan beban aksial adalah beban searah sumbu poros^[9].

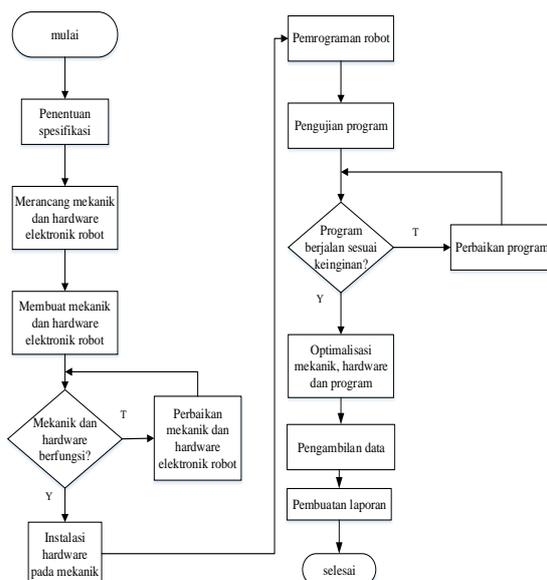
METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ;

- | | |
|--------------------|-------------------|
| 1. Mesin bubut | 8. Motor stepper |
| 2. Mesin bor | 9. Plat besi 5 mm |
| 3. Kikir | 10. Alumunium |
| 4. Mesin gerinda | 11. Mur dan baut |
| 5. Tool set | 12. Bearing |
| 6. Ballscrew | 13. Timming belt |
| 7. Linear guideway | 14. Pulley |
| | 15. Solid Work |

Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3. Diagram alir pelaksanaan penelitian

Dalam pembuatan robot lengan beroda ini, ada beberapa langkah berurutan seperti pada Gambar 3.

Pembuatan Komponen Mekanik

Sistem mekanik penelitian ini terdiri dari dari beberapa komponen yang terkait menjadi satu. Sebagian besar komponen dibuat dan ada beberapa dibeli dipasaran seperti motor stepper, *ballscrew*, *linear guideway*, plat besi, mur baut dan bahan untuk rangka. Pembuatan komponen dilakukan dengan menggunakan mesin perkakas yang ada seperti mesin bubut, mesin frais, mesin gerinda, mesin las, dan lain-lain.

Kegiatan perancangan merupakan perhitungan dan pemilihan bahan yang digunakan untuk menentukan bahan yang sudah dipersyaratkan yang didasarkan pada faktor kehandalan atau faktor ketahanan mekanis serta memperhitungkan faktor ekonomis. Perancangan dari “ Rancang Bangun Sistem Mekanik *Ballscrew* Dua Derajat Kebebasan Berbasis Kendali Arduino “, meliputi :

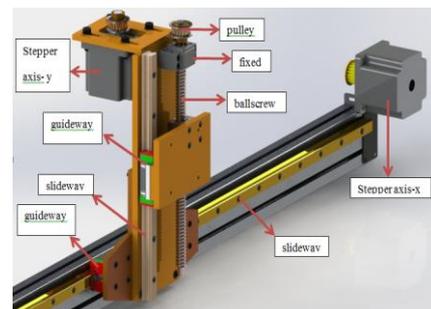
Perancangan gerak naik turun (sumbu-y) berfungsi untuk meggerakkan batang ulir *ballscrew* meggunakan motor stepper yang dihubungkan dengan *timing belt*.

Perancangan gerak sumbu-x menggunakan *linear guideway* dan sebagai penggerak menggunakan motor stepper yang dihubungkan dengan *timing belt* seperti pada Gambar 4.

Perhitungan Mekanik

a) Dari persamaan 1 kecepatan motor stepper berdasarkan perhitungan adalah:

$$\omega = 60 \times \frac{250}{200} = 75 \text{ rpm}$$



Gambar 4. Desain alat

- b) Berdasarkan persamaan 1.2 torsi pada pulley motor dan pulley pembanding dihitung dari persamaan 1.4 adalah:

$$\Gamma = \frac{P}{\omega} = \frac{VXI}{\omega} = 0,48 \text{ Nm} ; \Gamma_2 = 0,96 \text{ Nm}$$

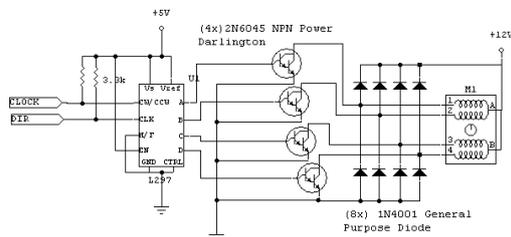
- c) Perhitungan daya untuk mengangkat beban 5 kg dengan kecepatan 7,5 mm/detik adalah:

$$\text{Daya} = m \times v = 37,5 \text{ kg mm/s}$$

Untuk rendemen ulir 50 %, maka kebutuhan dayanya adalah :

$$\text{Daya yang diperlukan } N = 36,5 \text{ watt}$$

Kendali Motor Stepper

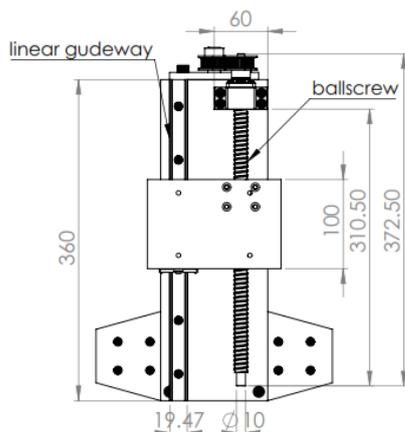


Gambar 5 Diagram Kendali Motor Stepper

Motor penggerak yang dipilih menggunakan motor stepper dengan pengendalian seperti gambar 5. Arus minimum 3,5 Ampere setiap fasenya dengan tegangan DC 12 volt, sehingga daya dari motor stepper tersebut :

$$N_{motor} = I \times V = 3,5 \text{ A} \times 12 \text{ V} = 42 \text{ watt}$$

Pembuatan Kerangka



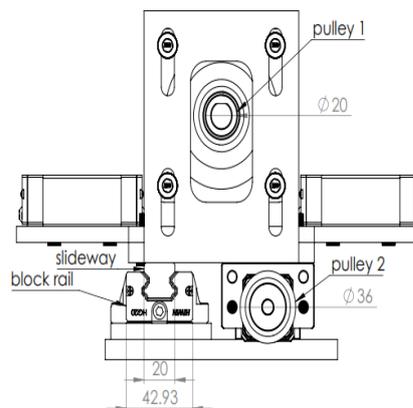
Gambar 6. Kerangka sumbu-y dan pemasangan sparepart pada kerangka

Kerangka adalah tempat untuk meletakkan komponen gerak seperti ballscrew, linear guideway dan motor

stepper. Dalam perancangan ini dibuat 2 buah kerangka, yaitu kerangka untuk gerakan vertikal sumbu-y dan kerangka untuk gerakan horizontal sumbu-x.

Gambar 6 adalah kerangka menggunakan besi plat 5 mm dengan tinggi 300 mm dan lebar 250 mm untuk meletakkan ballscrew dan linear guideway pada bagian kerangka di-tap sehingga tidak memerlukan mur.

Pembuatan Dudukan Motor



Gambar 7. Dudukan Motor penggerak sumbu-y

Pembuatan dudukan motor seperti pada Gambar 7 dilakukan penyambungan permanen yaitu di-las pada kerangka sumbu-y menggunakan besi plat 5 mm.

Perakitan

Perakitan komponen-komponen yang terpisah dilakukan dengan cara sambungan yang tidak permanen. Hal ini memberi keuntungan apabila terjadi kerusakan pada suatu komponen maka akan mudah diganti dengan komponen yang baru.

Perakitan dilakukan terlebih dahulu pada kerangka sumbu-y. Pemasangan komponen ballscrew dan linear guideway pada kerangka ini menggunakan baut dengan lubang kerangka yang sudah di-tap atau diberi ulir sehingga tidak memerlukan mur dan agar efisiensi tempat.

Perakitan kemudian dilakukan pada kerangka sumbu-x. Dimana rail slideway dipasang pada balok aluminium berongga dengan ketebalan 3 mm yang dirancang agar kuat menahan beban total.

Perakitan komponen dilakukan secara simetris dan tegak lurus agar tidak terjadi

kerusakan, seperti cepat terjadinya aus pada *linear guideway*. Penempatan bagian-bagian mekanik dilakukan serapi mungkin untuk memudahkan pengontrolan dan pengamatan ketika dioperasikan.

Setelah perakitan selesai dan tidak masalah dalam pemasangan komponen-komponennya, dilakukan pembongkaran untuk dilakukan proses pengecatan agar besi yang digunakan pada alat ini tahan korosi. Setelah proses pengecatan selesai dilakukan proses perakitan lagi

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perencanaan awal, telah berhasil dibuat rancang bangun sistem mekanik dua derajat kebebasan *ballscrew* seperti Gambar 8 dengan sistem kendali menggunakan Arduino Uno.



Gambar 8. Rancang bangun mekanik *ballscrew* dua derajat kebebasan

Pengujian dilakukan terhadap hasil rancang bangun dari penelitian alat ini antara lain yaitu :

1. Pengujian kestabilan gerakan sumbu kartesian secara vertikal (sumbu y) pada kondisi berbeban dan tanpa beban.
2. Pengujian kestabilan gerakan sumbu kartesian secara horizontal (sumbu x) pada jarak yang sama dan jarak yang berbeda.
3. Pengujian keakurasian dengan gerakan bolak-balik.
4. Pengujian gerak agitasi (naik turun)

Pengujian Kestabilan (Sumbu y)

Pengujian kestabilan sumbu kartesian secara vertikal (sumbu y) dilakukan pengujian gerak naik dan pengujian gerak turun. Pengujian ini dilakukan pada kondisi

tanpa beban dan berbeban dengan beban 5 kg untuk mengetahui kestabilan waktu dan kecepatan pergerakan batang ulir *ballscrew* dengan jarak naik maupun turun sejauh 115 mm.

Dari tabel 1 dan 2 dapat ditunjukkan bahwa pengujian tanpa beban gerak naik maupun turun sumbu kartesian secara vertikal (sumbu y) pada jarak 115mm sebanyak 8 kali percobaan menunjukkan kecepatan geser rata-rata 29,9 mm/s pada saat naik dan 30,1 mm/s pada saat turun dengan putaran motor stepper rata-rata 75 rpm.

Tabel 1. Hasil pengujian kestabilan *ballscrew* gerakan naik sumbu y tanpa beban

Pengujian Ke	Jarak (mm)	Waktu tempuh (detik)	Kecepatan geser (mm/detik)	Kecepatan putaran motor (rpm)
1.	115	3,8	30	75
2.	115	3,8	30	75
3.	115	4	28,7	75
4.	115	3,8	30	75
5.	115	3,8	30	75
6.	115	3,7	31	75
7.	115	3,8	30	75
8.	115	3,8	30	75

Tabel 2. Hasil pengujian kestabilan *ballscrew* gerakan turun sumbu y tanpa beban

Pengujian Ke	Jarak (mm)	Waktu tempuh (detik)	Kecepatan geser (mm/detik)	Kecepatan putaran motor (rpm)
1.	115	3,8	30	75
2.	115	3,8	30	75
3.	115	3,7	31	75
4.	115	3,9	29,4	75
5.	115	3,8	30	75
6.	115	3,7	31	75
7.	115	3,8	30	75
8.	115	3,8	30	75

Adapun hasil data pengujian gerakan vertikal naik turun kondisi berbeban seperti pada tabel 3 dan 4 berikut :

Tabel 3. Hasil pengujian kestabilan *ballscrew* gerakan naik sumbu-y pada kondisi berbeban.

Pengujian Ke	Jarak (mm)	Waktu tempuh (detik)	Kecepatan geser (mm/detik)	Kecepatan putaran motor (rpm)
1.	115	3,8	30	75
2.	115	3,8	30	75
3.	115	3,7	31	75
4.	115	3,8	30	75
5.	115	3,7	31	75
6.	115	3,9	29,4	75
7.	115	3,8	30	75
8.	115	3,8	30	75

Tabel 4. Hasil pengujian kestabilan *ballscrew* gerakan turun sumbu y pada kondisi berbeban.

Pengujian Ke	Jarak (mm)	Waktu tempuh (detik)	Kecepatan geser (mm/detik)	Kecepatan putaran motor (rpm)
1.	115	3,8	30	75
2.	115	3,8	30	75
3.	115	3,9	29,4	75
4.	115	3,8	30	75
5.	115	3,7	31	75
6.	115	3,8	30	75
7.	115	3,8	30	75
8.	115	3,8	30	75

Dari tabel 3 dan 4 diatas menunjukkan bahwa pengujian berbeban gerak naik maupun turun sumbu kartesian secara vertikal (sumbu y) pada jarak 115 mm sebanyak 8 kali percobaan menunjukkan kecepatan geser rata-rata 30,1 mm/s saat naik dan 30,05 mm/s pada saat turun dengan putaran motor stepper rata-rata 75 rpm.

Dari hasil data diatas tidak terjadinya perbedaan yang signifikan antara pengujian berbeban dan tanpa beban. Pada pengujian ini menunjukkan kerja alat yang stabil dan kerja motor stepper yang tidak dipengaruhi oleh beban.

Untuk pengujian gerak vertikal sumbu y hasil pengujian dari *leadscrew* (tinjauan pustaka) dibandingkan dengan *ballscrew* menunjukkan pada kedua sistem mekanik tersebut mempunyai kecepatan yang stabil, akan tetapi jika pada *leadscrew* kecepatan rata-rata motor stepper 145 rpm diperoleh kecepatan geser 10 mm/s. Untuk *ballscrew* dengan kecepatan motor stepper rata-rata 75 rpm diperoleh kecepatan geser rata-rata 30 mm/s ini dikarenakan spesifikasi bentuk ulir yang berbeda

Pengujian Kestabilan (Sumbu-x)

Pengujian kestabilan gerak horizontal (sumbu x) diperlukan untuk mengetahui kestabilan kecepatan pergerakan *linear guideway* yang bergerak sejajar sumbu x dengan jarak geser *linear guideway* sampai 300 mm. Pengujian ini dilakukan dua kali percobaan yaitu pengujian pada jarak yang sama dan jarak yang berbeda dengan memberikan sumber tegangan sebesar 12 volt dan arus 3,5 ampere pada motor stepper. Berikut Tabel 5 adalah data hasil pengujian pada jarak yang sama dan Tabel 6 hasil pengujian sumbu-x pada jarak yang berbeda:

Tabel 5. Hasil uji kestabilan pergeseeran sumbu x jarak yang sama.

No	Jarak (mm)	Waktu (detik)	Kecepatan geser (mm/detik)	Putaran (rpm)
1.	300	4,8	62,5	75
2.	300	4,8	62,5	75
3.	300	4,8	62,5	75
4.	300	4,8	62,5	75
5.	300	4,8	62,5	75

Tabel 6. Hasil uji kestabilan pergeseeran sumbu x jarak yang berbeda

No	Jarak (mm)	Waktu (detik)	Kecepatan geser (mm/detik)	Putaran (rpm)
1.	100	1,6	62,5	75
2.	150	2,4	62,5	75
3.	200	3,2	62,5	75
4.	250	4,0	62,5	75
5.	300	4,8	62,5	75

Dari Tabel 6 pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pergeseeran secara horizontal (sumbu x) dengan kondisi tanpa beban. Untuk pengujian awal dilakukan pada jarak 100 mm ditempuh dalam waktu 1,6 detik. Kemudian pada percobaan kedua pada jarak 150 mm ditempuh dalam waktu 2,4. Seperti pada tabel sampai data ke-5 pada jarak 300 mm diperoleh kecepatan geser yang konstan yaitu 62,5 mm/s begitu juga pengujian pada jarak yang sama Tabel 4.5 masih diperoleh nilai yang sama dengan kecepatan geser 62,5 mm/s

Untuk pengujian gerak horizontal sumbu-x hasil pengujian dari *leadscrew*^[2] dibandingkan dengan *ballscrew* menunjukkan sistem mekanik *ballscrew* yang lebih baik dengan kecepatan geser yang lebih konstan.

Pengujian Keakurasian dengan Gerakan Bolak-Balik.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keakurasian dari pergerakan sumbu-x dimana dilakukan 6 kali percobaan dengan menentukan waktu berputar motor stepper yang sama kemudian mengukur jarak yang ditempuh selama waktu yang ditentukan tersebut. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 4.7. Hasil uji keakurasian

No.	Waktu yang ditentukan (s)	Jarak yang ditempuh (mm)
1	2	125
2	2	125
3	2	125
4	3	188
5	3	188
6	3	188
7	4	250
8	4	250
9	4	250
10	4	250
11	4	250

Percobaan ke-1 sampai ke-3 waktu motor stepper berputar adalah 2 detik menempuh jarak sepanjang 125 mm. kemudian pada percobaan ke-4 sampai ke-6 dengan menentukan waktu 3 detik jarak yang ditempuh stagnan yaitu 188 mm. Pada percobaan ke-7 sampai ke-11 dengan menentukan waktu 4 detik jarak yang ditempuh stagnan sejauh 250 mm. Hasil dari pengujian ini menunjukkan alat yang dibuat stabil.

Pengujian Gerakan Naik dan Turun

Pengujian gerakan agitasi dilakukan pada gerak naik turun sumbu y. Pengujian gerak naik turun secara terus menerus dilakukan dimana untuk mengetahui pergerakan bolak-balik pada lengan sumbu-y.

Pengujian gerak menggunakan *ballscrew* gerak naik-turun cukup stabil/bagus. Ketidak lurusan pada pemasangan *synchronous belt* pada lengan sumbu-y yang menyebabkan peristiwa *backlash* atau ketidak-lurusan pada pemasangan *slideway* yang menyebabkan pergerakan tersendat pada keadaan tertentu.

Hasil pengujian masih ada gangguan yaitu:

1. Besarnya massa pada lengan sumbu-y yang menyebabkan pergerakan akan semakin berat. Sehingga stepper motor akan bekerja secara maksimum dan *driver* stepper motor menjadi cepat panas.
2. Besarnya massa pada lengan sumbu-y yang akan mempengaruhi momentum pergerakan lengan sumbu-y. Sehingga,

ketika terjadi pergerakan bolak-balik pada lengan sumbu-y, momentum akan terjadi akibat dari pergerakan bolak-balik tersebut. Besarnya momentum akan terjadi pada lengan ini.

3. Ketidak linearan pada pemasangan *slideway* yang menyebabkan pergerakan tersendat pada keadaan tertentu.

KESIMPULAN DAN SARAN

Telah dilakukan rancang bangun sistem mekanik dua *axis* berbasis *Arduino* dengan gerak horizontal sumbu-x sejauh 300 mm dan gerak vertikal sumbu-y sejauh 115 mm dengan hasil pengujian sebagai berikut:

1. Gerakan vertikal (sumbu-y) dengan ketinggian 115 mm menghasilkan gerakan naik maupun turun dengan putaran motor stepper 70 rpm didapatkan kecepatan geser rata-rata 54,7 mm/s.
2. Gerakan horizontal (sumbu-x) sejauh 300 mm menghasilkan gerakan ke kanan dan ke kiri dengan putaran motor stepper 75 rpm dan kecepatan geser rata-rata 62,5 mm/s.
3. Pada penelitian ini dibuktikan *ballscrew* mempunyai kehandalan alat yang lebih baik dibandingkan *leadscrew*.
4. Beban maksimum rancang bangun ini adalah 5 kg.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asril, dan Abbas B. 1952. *Konstruksi Perhitungan Pemakaian Bagian-Bagian Pesawat Sederhana*. H. Stam : Jakarta.
- [2] Fahriz, Muhammad Fahrizal. 2007. *Rancang Bangun Sistem Mekanik Pada Proses Pencucian Film Di Laboratorium Radiografi STTN*. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir. Yogyakarta
- [3] Billy Ramadhan, Jediel. 2012. *"Pengembangan Sistem Robot Dengan 5 Derajat Kebebasan Untuk Aplikasi Pengelasan"*. Universitas Indonesia. Depok

- [4] Nasar, Syed A. 1987. “*Handbook of Electric Machines*” McGraw-Hill Companies.
- [5] Stolk, J Kros C., terjemahan oleh H. Hendrasin. 1984. *Elemen Konstruksi dari Bagian Mesin*, Erlangga : Bogor.
- [6] Sularso. 1985. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*.
- [7] <http://www.hiwin.com> (diakses 23 Maret 2015)
- [8] <http://www.topfreebiz.com/product/4147806/2-Phase-110mm-High-Torque-Stepper-Motor.htm> (diakses 23 Maret 2015)
- [9] <http://www.iecltd.co.uk> (diakses 23 Maret 2015)
- [10] <https://konversi.wordpress.com/2009/06/12/sekilas-rotary-encoder> (diakses 23 Maret 2015)
- [11] http://www.academia.edu/9838561/Makalah_Elemen_Mesin_Bantalan (diakses 23 Maret 2015)
- [12] <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno> (diakses 23 Maret 2015)
- [13] <http://www.instructables.com/> (diakses 23 Maret 2015)

TANYA JAWAB

Pertanyaan

Apakah penggerak motor stepper secara elektronik?

Jawaban

Ya, motor stepper digerakkan dengan program arduino.