



Perancangan Pintu Ruang Start Arena Pacuan Kuda Menggunakan Sistem Pneumatik

Amri Hidayat¹, Aldrin²

^{1,2}Teknik Mesin, Rekayasa Sistem, Universitas Teknologi Sumbawa

¹amri.hidayat@uts.ac.id ²aldrin@uts.ac.id

Abstract

Starting gate door is a tool used horse racing arena that serves as a star or space to take off before darting run to racetrack. Doors starting gate consists of a variety of forms and working method, from the manual to which use the automatic system, such as; mechanical, hydraulic, electric and pneumatic systems. Starting gate door with pneumatic system is a tool that is used to open and close starting gate door, the way it works is that a pneumatic cylinder is installed on the door, then pneumatic system functions to open and close the door. Pneumatic system is a tool that uses air as an energy source, components required in the pneumatic system: compressor or air supply unit, or air processing unit (Filter, regulator, and lubrication), regulator or valve unit and the main thing is the pneumatic cylinder serves as a tool which converts compressed air energy into mechanical energy (linear motion of the cylinder rod). In this study aims to be able to get the shape of the starting gate door using a pneumatic system, which can be used as a reference in making the actual door, so that in its application on the racetrack it can be used easily and the time it takes to release the horse becomes faster and the time it takes to release the horse becomes faster. From design results, it is known load that will work on the pneumatic cylinder is 4703.5 N, the inner diameter 100 mm, diameter cylinder rod is 25 mm, total air consumption required is 4,6 liter, compressor discharge is 0,39 liter/second, and compressor power is 0,5 HP.

Keywords: Pneumatic, Starting Gate Door, Horse Racetrack, Design

Abstrak

Pintu ruang start merupakan alat yang digunakan di arena pacuan kuda, berfungsi sebagai ruang start atau ruang untuk melepas kuda sebelum melesat lari ke jalur pacu. Pintu ruang start terdiri dari berbagai macam bentuk dan cara kerja, mulai dari yang manual, sampai yang otomatis, seperti; sistem mekanik, hidrolik, elektrik dan pneumatik. Pintu ruang start arena pacuan kuda dengan sistem pneumatik yaitu alat yang digunakan untuk membuka dan menutup pintu ruang start, cara kerjanya yaitu silinder pneumatik dipasang di bagian pintu, kemudian sistem pneumatik berfungsi untuk membuka dan menutup pintu. Sistem pneumatik adalah alat yang menggunakan udara sebagai sumber energi, komponen yang diperlukan dalam sistem pneumatik yaitu: kompresor atau unit penyuplai udara, unit pengolahan udara atau (*Filter, regulator, dan lubrication*), unit pengatur atau katup dan yang paling utama adalah silinder pneumatik yang berfungsi sebagai alat yang dapat mengubah energi udara bertekanan menjadi energi mekanik (gerak linear batang silinder). Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan bentuk pintu ruang start menggunakan sistem pneumatik, yang dapat digunakan sebagai acuan pada pembuatan pintu yang sebenarnya, sehingga pada penerapannya di arena pacuan kuda dapat digunakan dengan mudah dan waktu yang dibutuhkan untuk melepas kuda menjadi lebih cepat dan tenaga yang dikeluarkan untuk menutup pintu menjadi lebih kecil. Dari hasil perancangan diketahui gaya yang akan bekerja pada silinder pneumatik yaitu 4703,5 N, diameter dalam silinder yaitu 100 mm, diameter batang piston yaitu 25 mm, konsumsi udara total yang diperlukan yaitu 4,6 liter, debit kompresor adalah 0,39 liter/detik, dan daya kompresor adalah 0,5 HP.

Kata kunci: Pneumatik, Pintu Ruang Start, Arena Pacuan Kuda, Perancangan

1. Pendahuluan

Dari hasil pengamatan langsung di lapangan ternyata masih banyak peralatan-peralatan yang seharusnya bisa memanfaatkan teknologi, namun masih menggunakan sistem manual. Salah satunya pada

pintu ruang start arena pacuan kuda (*starting gate door*) [1].

Cara kerja dalam membuka atau menutup pintu ruang start arena pacuan kuda masi menggunakan cara manual atau tenaga manusia, yaitu dengan cara

menarik pegas menggunakan tangan, seperti diketahui orang yang bekerja untuk menutup dan membuka pintu ruang start (*starting gate*) tersebut sangat berisiko mengalami cedera maupun kecelakaan karena beban yang di tarik sangat besar yaitu beban dari pegas dan beban dorongan dari kuda itu sendiri. Sedangkan kendala yang lain adalah kuda sering tidak keluar secara bersamaan, menyebabkan kuda lari berlawanan arah, menyebabkan gangguan keselamatan joki dan kuda. Rincian kekurangan pintu ruang start arena pacuan kuda dengan sistem manual yaitu [2]:

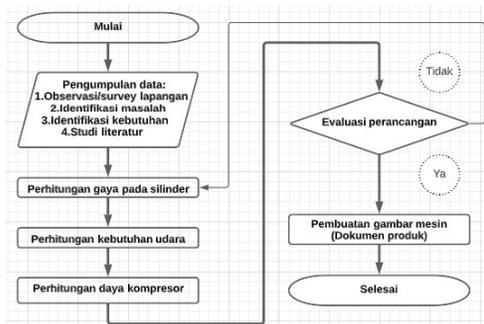
1. Sistem manual memerlukan tenaga manusia untuk membuka dan menutupnya.
2. Kurangnya kenyamanan bagi para joki, penonton, dan peserta pacuan kuda, apabila kuda keluar dari ruang start, pada saat pluit juri start belum dibunyikan (waktu start belum dimulai) sehingga tenaga dan waktu menjadi tidak efektif.
3. Kuda sering keluar dari ruang start secara tidak bersamaan, karena pintu tidak terbuka dengan cepat.
4. Terjadinya kecelakaan apabila pintu ruang start terbuka sebelum pluit juri dibunyikan yang membuat kuda lari berlawanan arah.
5. Kerusakan pada pintu ruang start dan ruang start terjadi karena benturan, akibat sistem buka pintu dengan sistem pegas.

Melihat kondisi di atas maka perlu untuk merancang suatu bentuk pintu ruang start (*starting gate*) menggunakan sistem pneumatik, yang dapat digunakan sebagai acuan pembuatan pintu yang sebenarnya sehingga pada penerapannya di arena pacuan kuda, dapat digunakan dengan mudah dan waktu yang dibutuhkan untuk melepas kuda menjadi lebih cepat dan tenaga yang dikeluarkan untuk menutup pintu menjadi lebih kecil.

2. Metode Penelitian

2.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dibuat untuk menjelaskan bagaimana tahapan-tahapan dalam penelitian yaitu perancangan ruang start (*starting gate*) arena pacuan kuda menggunakan sistem pneumatik, sehingga bisa selesai sesuai dengan yang telah direncanakan. Gambar 1 menunjukkan diagram alir pelaksanaan penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Pengumpulan Data

Perancangan pintu ruang start arena pacuan kuda dengan sistem pneumatik, dimulai dengan kegiatan pengumpulan data, seperti: observasi lapangan dan hasil studi literatur baik dari buku, internet serta hasil diskusi dengan pihak yang lebih mengerti tentang ruang start (*starting gate*) dan sistem pneumatik.

Berdasarkan hasil observasi yang kami lakukan, maka kami dapat mengambil kesimpulan bahwa pintu ruang start (*starting gate*) arena pacuan kuda masih menggunakan sistem manual dan mekanik.

2.3. Realisasi Perancangan

Setelah data yang dibutuhkan lengkap, langkah selanjutnya adalah melakukan proses perancangan, tahapan proses perancangan yang dilakukan yaitu perhitungan gaya pada silinder, perhitungan kebutuhan udara silinder dan perhitungan daya kompresor. Detail langkah realisasi perancangan adalah sebagai berikut [3]:

1. Mengitung gaya yang akan mengenai selinder:
 - a) Gaya Dari Pintu (F_1)
 - b) Gaya Dorong Dari Kuda (F_2)
 - c) Gaya Total Yang Akan Mengenai Silinder Pneumatik (F_{total})
2. Perencanaan dan perhitunga ukuran silinder pneumatik:
 - a) Perhitungan gaya efektif silinder ($F_{efektif}$)
 - b) Mencari luas permukaan dalam silinder ($L_{silinder}$)
 - c) Perhitungan diameter dalam silinder (D)
 - d) Menentukan diameter batang piston (V)
 - e) Menentukan panjang langkah piston (S)
 - f) Menentukan kecepatan gerak piston (s)
3. Perhitungan kebutuhan udara silinder (Q_i)
4. Perhitungan daya kompresor (N_s)

2.4. Pembuatan Gambar

Langkah terakhir dari penelitian ini yaitu pembuatan gambar teknik dalam bentuk 2 dimensi (2D) dan 3 dimensi (3D) untuk gambar pintu ruang start dan gambar ruang start. Hasil akhir dari penelitian ini adalah berupa gambar Teknik atau biasa disebut dengan dokumen produk.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Gaya Silinder

Sebagai dasar perhitungan kita harus mengetahui beban yang akan bekerja atau gaya yang akan mengenai silinder. Gaya yang akan bekerja pada

silinder pneumatik terdiri dari dua gaya atau beban yaitu [3]:

1. Gaya dari pintu

Spesifikasi ukuran pintu;

- Ukuran pipa besi = 2 inci atau 0,0605 m
- Tinggi pintu = 1 m
- Lebar pintu = 0,5 m
- Jumlah potongan pipa besi = 9 potong

Perhitungan berat pintu:

$$W = (\pi \times R^2) \times L \times \rho - (\pi \times r^2) \times L \times \rho$$

Dimana:

W = Berat pintu

L = panjang pipa besi = 5,5 m

R = Jari-jari luar pipa besi = 0,031 m

r = Jari-jari dalam pipa besi = 0,024 m

ρ = Berat jenis besi = 7850 kg/m³

Maka:

$$W = (\pi \times 0,031^2 \times 5,5 \times 7850) - (\pi \times 0,024^2 \times 5,5 \times 7850)$$

$$W = 124,055 - 94,129 = 29,926 \text{ kg}$$

Perhitungan gaya dari pintu:

$$F_1 = W \times g$$

Dimana:

F₁ = Gaya dari pintu (N)

W = Berat pintu = 29,926 kg

g = Percepatan benda = 9,8 m/s²

Maka:

$$F_1 = 29,926 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 293,5 \text{ N}$$

2. Gaya dari kuda

Untuk mengetahui besar gaya ke-2 (F₂) yang akan mengenai silinder pneumatik, maka harus dihitung gaya dorong dari kuda.

Perhitungan gaya dari kuda:

$$F_2 = m \times g$$

Dimana:

F₂ = Gaya dari kuda (N)

m = Massa kuda = 450 kg

g = Percepatan benda = 9,8 m/s²

Maka:

$$F_2 = 450 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = F_2 = 4410 \text{ N}$$

3. Gaya total silinder pneumatik

$$F_{total} = F_1 + F_2$$

dimana:

F_{total} = Gaya total pada silinder pneumatik (N)

F₁ = Gaya dari pintu = 293,5 N

F₂ = Gaya dari kuda = 4410 N

Maka:

$$F_{total} = 293,5 \text{ N} + 4410 \text{ N} = 4703,5 \text{ N}$$

3.2. Perhitungan Ukuran Silinder

1. Gaya efektif pada silinder [3]

$$F_{efektif} = F_{total} + R \times F_{total}$$

Dimana:

F_{efektif} = Gaya efektif silinder (N)

F_{total} = 4703,5 N

R = Gesekan diambil 3-20% dari gaya terhitung = 5%

Maka:

$$F_{efektif} = 4703,5 \text{ N} + (5\% \times 4703,5 \text{ N})$$

$$F_{efektif} = 4703,5 \text{ N} + 235,175 \text{ N}$$

$$F_{efektif} = 4938,7 \text{ N}$$

2. Luas permukaan dalam silinder

$$L_{silinder} = \frac{F_{efektif}}{P}$$

Dimana:

L_{silinder} = Luas permukaan dalam silinder (mm²)

F_{efektif} = 4938,7 N

P = 6 bar atau 0,6 N/mm²

Maka:

$$L_{silinder} = \frac{4938,7 \text{ N}}{0,6 \text{ N/mm}^2} = 8231,125 \text{ mm}^2$$

3. Diameter dalam silinder

Karena luas permukaan dalam silinder sama dengan πr^2 (r adalah radius silinder bagian dalam) [3]:

$$\pi r^2 = 8231,125 \text{ mm}^2$$

$$r^2 = \frac{8231,125 \text{ mm}^2}{\pi}$$

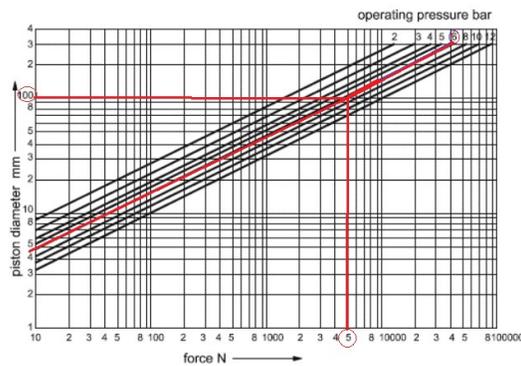
Diameter dalam = 2r

$$r = \sqrt{\frac{8231,125 \text{ mm}^2}{\pi}} = 51,186 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter dalam} = 2 \times 51,186 = 102,4 \text{ mm}$$

Hasil dari perhitungan didapatkan diameter dalam silinder adalah 102,4 mm, karena pertimbangan ketersediaan di pasar penjualan silinder pneumatik, maka ukuran tersebut dibulatkan menjadi 100 mm.

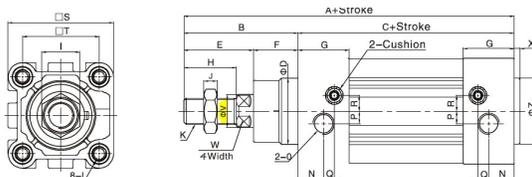
Selanjutnya pada Gambar 2 menampilkan grafik hubungan gaya 5000 N, diameter piston 100 mm dan tekanan yang bekerja pada silinder pneumatik sebesar 6 bar.



Gambar 2. Grafik Gaya 5000 N, Diameter Piston 100 mm dan Tekanan 6 Bar

4. Diameter batang piston

Untuk mengetahui diameter batang piston, terlebih dahulu kita melihat diameter batang piston yang tersedia sesuai dengan data pada tabel katalog produk E.MC. Untuk diameter dalam silinder 100 mm maka diameter batang piston adalah 25 mm dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 1 katalog produk silinder pneumatik E.MC [4].



Gambar 3. Dimensi Utama Silinder Pneumatik Linear Menunjukkan Posisi Dimensi Batang Piston

Tabel 1. Katalog produk silinder pneumatik E.MC, diameter dalam silinder 100 mm dan diameter batang piston 25 mm

Bore (mm)	V (mm)
32	12
40	16
50	20
63	20
80	25
100	25

5. Panjang langkah piston

Panjang langkah dari piston silinder pneumatik yang tersedia sesuai dengan data pada Tabel 2 katalog produk E.MC, dengan panjang langkah standar untuk diameter dalam silinder 50-100 mm yaitu 25-1000 mm sedangkan untuk panjang langkah maksimal yaitu 1900. Untuk diameter dalam silinder 100 mm hasil dari proses perhitungan dengan lebar pintu ruang start (*starting gate*) yaitu 500 mm maka panjang langkah piston diambil 200 mm [4].

Tabel 2. Katalog produk silinder pneumatik E.MC, diameter dalam silinder 100 mm dan diambil panjang langkah 200 mm

Bore (mm)	Standard Stroke (mm)	Maximum Stroke (mm)
32	25 50-175	1900
40	25 50-175	1900
50-100	25 50-175	1900

6. Kecepatan gerak piston

Kecepatan gerak piston yang tersedia sesuai dengan data pada katalog produk E.MC, yaitu 50-800 mm/detik. Pada perancangan ini diambil kecepatan gerak piston sebesar 50 mm/detik. Data kecepatan gerak piston dapat dilihat pada Tabel 3 [4].

Tabel 3. Katalog produk silinder pneumatik E.MC, diameter dalam silinder 100 mm, dipilih kecepatan gerak piston 50 mm/detik

Bore Size (mm)	32	40	50	63	80	100
Acting typew	Double Acting					
Working medium	Clean Air (40 μ m filtration)					
Working pressure (Mpa)	0,1-1,0					
Guaranteed pressure (Mpa)	1,5					
Working temperature ($^{\circ}$ C)	-20-20 (No freezing)					
Speed range (mm/s)	50-800					
Cushion type	Air Cushion					
Cushion stroke	27	30	36			
Mounting type	LB FA FB CA CB CR					
Port size 1	G1/8	G1/4	G3/8	G1/2		

3.3. Perhitungan Kebutuhan Udara

Untuk menyiapkan udara dan untuk mengetahui biaya pengadaan energi, terlebih dahulu harus diketahui jumlah konsumsi udara pada sistem. Berdasarkan jenis silinder pneumatik yang digunakan yaitu silinder penggerak ganda, maka perlu dihitung konsumsi udara pada langkah maju dan langkah mundur.

1. Konsumsi udara langkah maju piston

Konsumsi udara pada waktu piston bergerak maju dapat dihitung menggunakan rumus [5]:

$$Q_1 = 0,785 \times r^2 \times h \times P \times 10^{-6}$$

dimana:

Q_1 = Volume udara tiap centimeter langkah (liter)

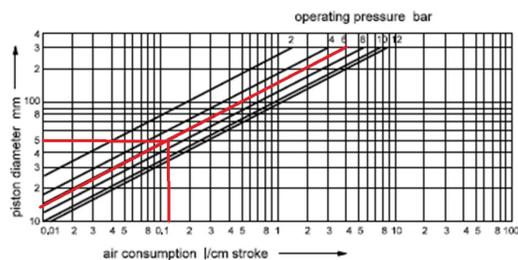
r = Garis tengah silinder = 50 mm

h = Panjang langkah = 200 mm

P = Tekanan operasi = 6 bar

Maka:

$$Q_1 = 0,785 \times 50^2 \times 200 \times 6 \times 10^{-6} = 2,4 \text{ liter}$$



Gambar 4. Grafik Pemakaian Udara Pada Langkah Maju, Garis Tengah Silinder 50 mm, Tekanan 6 Bar dan Konsumsi Udara 0,12 liter/cm Langkah

Dari Gambar 4 dapat diketahui pemakaian udara total langkah maju piston adalah 0,12 liter/cm langkah, dikalikan dengan panjang langkah 20 cm adalah 2,4 liter.

2. Konsumsi udara langkah mundur piston

Konsumsi udara pada waktu piston bergerak mundur dapat dihitung menggunakan rumus [5]:

$$Q_2 = 0,785 \times (r^2 - R^2) \times h \times P \times 10^{-6}$$

Q_2 = Volume udara tiap centimeter langkah (liter)

r = Garis tengah silinder = 50 mm

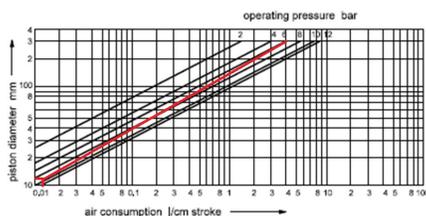
R = Garis tengah batang piston = 12,5 mm

h = Panjang langkah = 200 mm

P = Tekanan operasi = 6 bar

Maka:

$$Q_2 = 0,785 \times (50^2 - 12,5^2) \times 200 \times 6 \times 10^{-6} = 2,2 \text{ liter}$$



Gambar 5. Grafik Volume Udara Dari Batang Piston 12,5 mm, Tekanan 6 Bar dan Konsumsi Udara 0,01 liter/cm Langkah

Dari Gambar 5 dapat diketahui volume udara dari batang piston adalah 0,01 liter/cm langkah, dikalikan dengan panjang langkah 20 cm sama dengan 0,2 liter. Selanjutnya dapat diketahui konsumsi udara total langkah mundur piston dengan cara 2,4 liter (kebutuhan udara langkah maju piston) dikurangi dengan 0,2 liter (volume udara dari batang piston) sama dengan 2,2 liter.

Dari perhitungan menggunakan rumus konsumsi udara langkah mundur, langkah maju piston dan nilai pada grafik, yaitu menunjukkan hasil yang sama.

3. Konsumsi udara total

Silinder kerja ganda dengan diameter dalam silinder (D) 100 mm, diameter batang piston (d) 25 mm, dan panjang langkah piston (h) 200 mm, total kebutuhan udara dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

Dimana:

Q_t = Kebutuhan udara total

Q_1 = Konsumsi udara langkah maju piston = 2,4 liter

Q_2 = Konsumsi udara langkah mundur piston = 2,2 liter

Maka:

$$Q_t = 2,4 \text{ liter} + 2,2 \text{ liter} = 4,6 \text{ liter}$$

3.4 Perhitungan Debit dan Daya Kompresor

1. Perhitungan debit kompresor

Perhitungan debit kompresor dapat dicari menggunakan rumus [6]:

$$Q_s = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times v$$

Dimana:

Q_s = Debit kompresor (liter/menit)

D = Diameter silinder = 100 mm

v = Kecepatan gerak piston = 50 mm/detik

Maka:

$$Q_s = \frac{\pi}{4} \times 100^2 \times 50 = 392699,1 \text{ mm}^3/\text{detik} = 0,39 \text{ liter/detik}$$

2. Perhitungan daya kompresor

Daya kompresor pada aplikasi sistem pneumatik dapat dicari menggunakan rumus[5], [7]:

$$N_s = Q_s \times \eta_{tot}$$

Dimana:

N_s = Daya kompresor (kW)

Q_s = Debit kompresor = 0,00833 liter/menit

η_t = Efisiensi total = 80-100 %, digunakan 80 %

Maka:

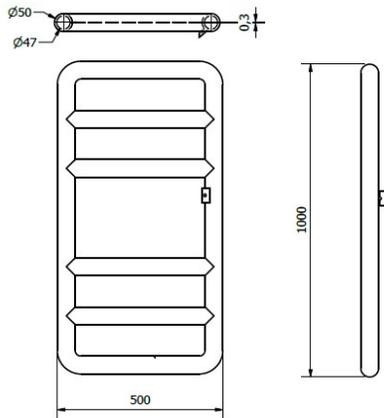
$$N_s = 0,39 \times 0,8 = 0,31 \text{ kW} = 310 \text{ Watt} = 0,42 \text{ HP}$$

Karena pertimbangan ketersediaan kompresor dengan daya 0,42 HP di pasar penjualan, maka daya kompresor yang digunakan pada perancangan ini ditentukan sebesar 0,5 HP.

3.5 Bentuk Pintu dan Ruang Start Sistem Pneumatik

Dari hasil perancangan pintu dan ruang start (*starting gate*) arena pacuan kuda menggunakan sistem pneumatik dengan jumlah 6 ruangan dan jumlah pintu ruang start 12 buah, setiap pintu masing-masing dipasang 1 buah silinder pneumatik.

Bentuk pintu ruang start arena pacuan kuda menggunakan sistem pneumatik dapat dilihat pada Gambar 6 dengan model 2 (2D) dimensi dan model 3 dimensi (3D) dapat dilihat pada Gambar 7, dengan ukuran tinggi pintu adalah 1000 mm dan lebar pintu adalah 500 mm.

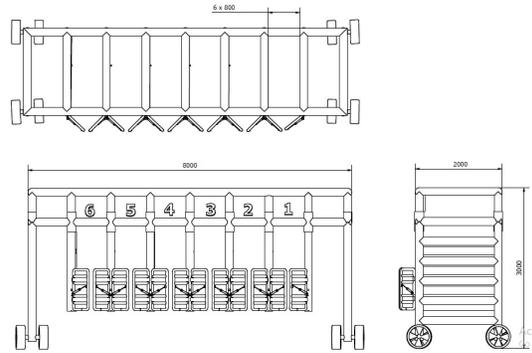


Gambar 6. Model 2 Dimensi (2D) Pintu Ruang Start Arena Pacuan Kuda Sistem Pneumatik

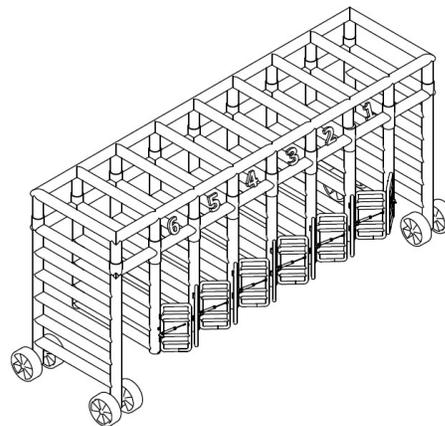


Gambar 7. Model 3 Dimensi (3D) Pintu Ruang Start Arena Pacuan Kuda Sistem Pneumatic

Bentuk ruang start (*starting gate*) dengan posisi pintu tertutup dapat dilihat pada Gambar 8 dengan model 2 dimensi (2D) dan model 3 (3D) dimensi pada gambar 9. Ukuran panjang keseluruhan ruang start adalah 8000 mm, tinggi ruang start adalah 3000 mm, dan lebar setiap ruangan adalah 800 mm.

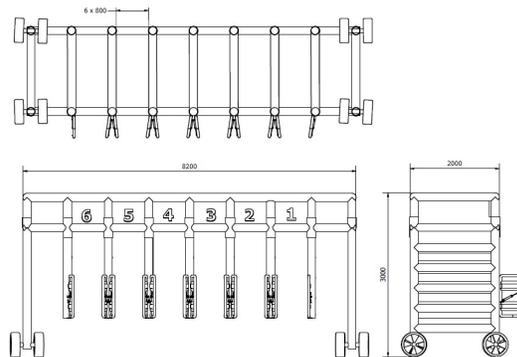


Gambar 8. Model 2 Dimensi (2D) Posisi Tertutup Ruang Start (*Strating Gate*) Arena Pacuan Kuda Sistem Pneumatik

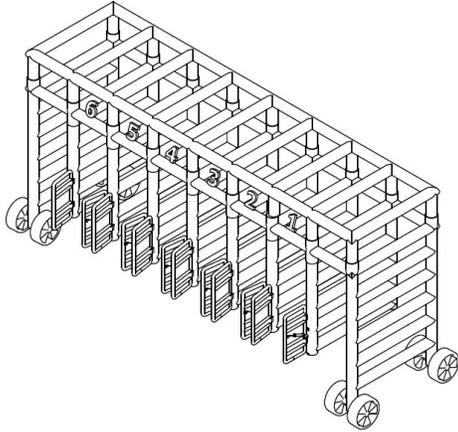


Gambar 9. Model 3 Dimensi (3D) Posisi Tertutup Ruang Start (*Strating Gate*) Arena Pacuan Kuda Sistem Pneumatik

Selanjutnya bentuk ruang start (*starting gate*) dengan posisi pintu terbuka dapat dilihat pada Gambar 10 dengan model 2 (2D) dimensi dan model 3 (3D) dimensi pada Gambar 11.



Gambar 10. Model 2 Dimensi (2D) Posisi Terbuka Ruang Start (*Strating Gate*) Arena Pacuan Kuda Sistem Pneumatik



Gambar 11. Model 3 Dimensi (3D) Posisi Terbuka Ruang Start (Strating Gate) Arena Pacuan Kuda Sistem Pneumatik

4. Kesimpulan

1. Dari penelitian ini didapatkan hasil rancangan pintu ruang start arena pacuan kuda menggunakan sistem pneumatik, dengan gaya yang akan bekerja pada silinder pneumatik sebesar 4703,5 N, diameter dalam silinder yaitu 100 mm, diameter batang piston yaitu 25 mm, konsumsi udara total yang diperlukan yaitu 4,6 liter, debit kompresor 0,39 liter/detik, dan daya kompresor adalah 0,5 HP.
2. Pada penelitian ini, katalog produk silinder pneumatik yang digunakan sebagai acuan dalam perancangan adalah katalog produk E.MC.
3. Jumlah ruang start (*starting gate*) yaitu 6 ruangan dengan jumlah pintu sebanyak 12 buah.
4. Setiap pintu, dipasang satu buah silinder pneumatik.
5. Jenis silinder pneumatik yang digunakan pada penelitian ini adalah silinder pneumatik skerja ganda (*double acting cylinder*).

Daftar Rujukan

- [1] Elvanenda, 2011. *Persatuan Olahraga Berkuda Seluruh Indonesia [Pordasi]*. Tersedia di: <https://elvanenda.wordpress.com>. [Accessed 10 januari 22]
- [2] Zuhair, Wafiq, 2020. *5 Fakta Unik Pacuan Kuda di Nusa Tenggara Barat*. Tersedia di: <https://blog.insanbumimandiri.org/5-fakta-unik-budaya-pacuan-kuda-di-nusa-tenggara-barat/>. [Accessed 10 januari 2022]
- [3] Sugihartono, Drs., 1985. *Dasar-dasar Kontrol Pneumatik*. Edisi 1. Bandung: Tarsito.
- [4] E.MC, 2019. *Pneumatic Cylinders*. Tersedia di: <https://www.emc-machinery.com/ecatagues.htm>. [Accessed 10 januari 2022]
- [5] Tuapetel, Victor Jones, dan Rohdi Narwalutama., 2022. *Perencanaan Sistem Pneumatik Sebagai Penggerak Pada Pintu Gerbong Kereta*, Jurnal STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi), Vol. 6, No. 3, DOI: <http://dx.doi.org/10.30998/string.v6i3.10536>.
- [6] Adril, Elvis, Asmed, Fardinal, dan Yulia Sasmita Anggraini., 2021. *Perancangan Mesin Press Tahu Sistem Pneumatik Dengan Kapasitas 50 kg*, Jurnal Teknik Mesin, Vol. 12, No.2, 2021, pp.130-133.
- [7] Imam, Mulyono, 2014. *Perencanaan Komponen Pneumatik Wire Stripping Machine*. Tersedia di : <http://imammulyono002.blogspot.com/2013/06/perencanaan-pneumatic.html.2014>. [Accessed 10 januari 2022]
- [8] Widodo, Ari, dan Wahyu Sapto Aji., 2019. *Palang Pintu Kereta Api Pneumatik otomatis Berbasis PLC Omron CP1E-NA20DR-A*, Jurnal Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro, Vol. 1, No. 2, pp. 82-90.
- [9] Subhan, Muhammad, dan Ari Satmoko., 2016. *Penentuan Dimensi dan Spesifikasi Silinder Pneumatik Untuk Pergerakan Tote Iradiator Gamma Multiguna Batan*. Jurnal Perangkat Nuklir, Vol. 10, No. 2.
- [10] Agustiawan, Iwan, Ali Abayumi, Nova M Nurizal, dan Chandra P Wiguna., 2016. *Perancangan Model Alat Pemasak Tanah Uji Coba Geosintetis Menggunakan Sistem Pneumatik Kontrol PLC*, Sintek Jurnal.
- [11] Windarta, dan Rusi Rizkiyanto., 2016. *Perancangan Mesin Pembersih Untuk Part Internal Alat Berat Dengan Sistem Pneumatik*, Sintek Jurnal, Vol. 10, No.1.
- [12] Muhammad, Nur, dan Muhammad Agus K., 2019. *Study Of Friction Behavior In Pneumatic Seal Cylinder*, Jurnal Mesin., Vol. 28, No.1, pp. 1-11