

PERANCANGAN BASKETBALL LAUNCHER BERBASIS PENGGERAK SISTEM PNEUMATIK

Ahmad Fani Desyanuri

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: ahmadfani.20056@mhs.unesa.ac.id

Agung Prijo Budijono

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: agungbudijono@unesa.ac.id

Abstrak

Inovasi teknologi olahraga memicu pentingnya pengembangan alat pelontar bola basket berbasis sistem pneumatik guna mendukung efisiensi latihan tembakan three point. Penelitian ini bertujuan melakukan perancangan mekanisme dan analisis kebutuhan daya menggunakan metode pengembangan. Proses perancangan mekanisme menggunakan aplikasi SolidWorks yang diuji melalui Interference Check, sedangkan simulasi sistem pneumatik dikerjakan menggunakan FluidSIM 4.0 untuk menentukan parameter komponen utama. Hasil simulasi menghasilkan spesifikasi silinder pneumatik diameter 25 mm dan stroke 250 mm. Beban silinder sebesar 210 N membutuhkan tekanan udara 6,7 bar serta debit udara 431,4 L/min, sehingga dipilih kompresor 5,5 HP di pasaran. Komponen pendukung lainnya meliputi solenoid valve 5/2, selang pneumatik, air service unit, timer delay, sensor proksimitas, dan saklar on/off sebagai acuan penyusunan shop drawing.

Kata Kunci: sistem pneumatik, perancangan mekanisme, analisis kebutuhan daya, solidworks, fluidsim.

Abstract

Sports technology innovation highlights the importance of developing a basketball launcher machine driven by a pneumatic system to enhance three-point shooting practice efficiency. This study aims to perform mechanism design and power requirement analysis using a developmental research method. The mechanism design was executed using SolidWorks software and verified through an Interference Check, while the pneumatic system was simulated using FluidSIM 4.0 to determine main component parameters. The simulation results yielded a pneumatic cylinder specification with a 25 mm diameter and a 250 mm stroke. With a cylinder load of 210 N, the system requires an air pressure of 6.7 bar and an air flow rate of 431.4 L/min, resulting in the selection of a 5.5 HP compressor available on the market. Supporting components include a 5/2 solenoid valve, pneumatic hose, air service unit, timer delay, proximity sensor, and on/off switch, which serve as references for shop drawings.

Keywords: pneumatic system, mechanism design, power requirement analysis, solidworks, fluidsim.

PENDAHULUAN

Zaman sekarang pemain basket Indonesia mayoritas berpostur tinggi. Melansir dari pemain IBL Indonesia para atletnya memiliki tinggi rata – rata 187,1 cm dengan pemain terpendek 165 cm dan pemain tertinggi 209 cm, sehingga untuk memasukkan bola ke ring dalam jarak dekat (> 2 meter dari bawah ring) mereka cukup kesulitan. Untuk mengatasi hal tersebut maka atlet perlu menembak dalam jarak jauh atau *three point* pada garis batas yang berjarak minimal 6,5 meter dari ring basket. Untuk memudahkan latihan tersebut, maka dibutuhkan alat bantu pelontar bola basket atau *Basketball Launcher* dari bawah ring ke posisi 3 point.



Gambar 1 Mesin *Basketball Launcher* Berbasis Penggerak Sistem Pneumatik

Pemain bola basket di Indonesia membutuhkan efisiensi tinggi dalam melatih akurasi tembakan jarak jauh (three point) dari batas minimal 6,5 meter. Alat bantu pelontar bola basket (*Basketball Launcher*) otomatis dari bawah ring ke posisi three point belum diproduksi secara massal di dalam negeri, sehingga pelatih dan atlet masih mengandalkan cara manual. Oleh karena itu, dirancanglah alat bantu latihan *Basketball Launcher* yang mengacu pada model existing video dari channel YouTube bernama “GRIND Basketball”. Sesuai video tersebut, diketahui bahwa mekanisme pelontar bola basket menggunakan lengan pelontar yang dipasang silinder pneumatik sebagai penggeraknya.

Pengembangan pelontar bola sebelumnya oleh Suastika dan Setyowati (2020) mengandalkan sistem roller twin shaft dengan motor DC, tetapi rawan mengalami penurunan efisiensi akibat keausan gesekan roda. Sementara itu, penelitian Nurhadi dkk. (2021) menggunakan sistem pegas mekanis dengan variasi gaya lontar yang terbatas. Penggunaan sistem pneumatik menawarkan kontinuitas gaya impuls yang stabil dan respon eksekusi yang cepat.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi kontrol otomatis katup solenoid, kalkulasi sudut elevasi tuas 45° , serta optimasi tekanan udara sistem pneumatik untuk menghasilkan lintasan parabola bola basket standar (Size 7) secara presisi.

(<https://www.mainbasket.com/r/8116/pemain-pendek-dilarang-main-basket>).

METODE

Penelitian ini menggunakan metode perancangan berbasis penelitian pengembangan (*developmental research*). Bertujuan untuk menentukan parameter – parameter yang digunakan dalam mekanisme *Basketball Launcher* berbasis sistem pneumatik agar sesuai dengan kebutuhan pengguna. Metode perancangan membantu untuk mendesain ulang *Basketball Launcher* berbasis sistem pneumatik tanpa harus memiliki wujud alat tersebut yang dimana bisa bersumber dari video youtube dari channel "Grind Basketball".

Metode ini melibatkan 4 tahap:

- Penentuan Parameter & Spesifikasi: Perhitungan matematis gaya dorong silinder, tekanan kerja, dan debit udara berdasarkan dinamika pelontaran bola.
- Desain & Simulasi Pneumatik: Pembuatan skema kontrol elektrik-pneumatik dan pengujian interaksi sinyal menggunakan Festo FluidSIM 4.0.



Gambar 2 Diagram Alir Proses Simulasi Festo FluidSIM

- Pemodelan 3D & Validasi Mekanis: Desain assembly komponen mekanis pada SolidWorks dan pengujian ruang gerak menggunakan Solid Interference Check.
- Dokumentasi Teknis (Shop Drawing): Penyusunan gambar kerja 2D standar ISO beserta Bill of Materials (BOM).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penentuan Paraameter dan Spesifikasi Utama

Hal terpenting sebelum menghitung parameter dan menentukan spesifikasi sistem pneumatik adalah menentukan dan menemukan data awal sebagai acuan model mekanismenya. Data ini meliputi:

- Beban: Bola basket (0,6 kg) + batang pelontar (1 kg), total beban = 1,6 kg.
- Panjang batang tuas 50 cm
- Sudut Pelontaran: 45° untuk mencapai jarak horizontal maksimum.
- Target jarak pelontaran: 7,5 meter berdasarkan pengukuran jarak ideal untuk Shooting Three Point pada lapangan bola basket.
- Diameter silinder pneumatik: 25 mm
- Titik kuasa di tengah, berarti jarak dari titik tumpu ke titik kuasa = $0,5 \text{ m} / 2 = 0,25 \text{ m}$.
- Jarak dari titik tumpu ke beban (bola) = 0,5 m (karena bola ada di ujung tuas).
- Ketinggian target (se-tinggi dada atlet): 176 cm

Tahap utama perhitungan difokuskan pada penentuan gaya dorong silinder pneumatik dan kebutuhan debit udara kompresor. Penentuan parameter tersebut diawali dengan mengkalkulasi kecepatan awal (v_0) bola untuk mencapai target melalui persamaan gerak parabola:

$$y = y_0 + x \tan \theta - \frac{gx^2}{2v_0^2(\cos 45^\circ)^2}$$

Diketahui:

- Ketinggian awal (y_0) = 50 cm = 0,5 m
- Sudut pelontaran (θ) = 45°
- Ketinggian target (y) = 176 cm = 1,76 m
- Jarak horizontal (x) = 7,5 m
- Gravitasi (g) = $9,8 \text{ m/s}^2$

Substitusi nilai:

$$1,76 = 0,5 + 7,5 \tan 45^\circ - \frac{9,8 \cdot (7,5)^2}{2v_0^2(\cos 45^\circ)^2}$$

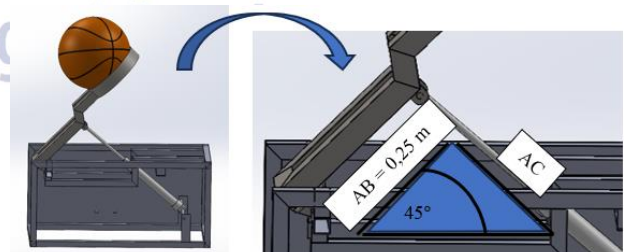
$$\frac{551,25}{v_0^2} = 8 - 1,76$$

$$v_0^2 = 88,37 \approx v_0 = 9,4 \text{ m/s}$$

Kecepatan tersebut merupakan kecepatan pada ujung tuas (0,5 meter), sedangkan silinder dipasang pada tengah tuas (0,25 meter). Maka kecepatan pada torak silinder:

$$\frac{9,4}{0,5} = \frac{v_s}{0,25}$$

$$v_{\text{silinder}} = 9,4 \times \frac{0,25}{0,5} \approx v_{\text{silinder}} = 4,7 \text{ m/s}$$

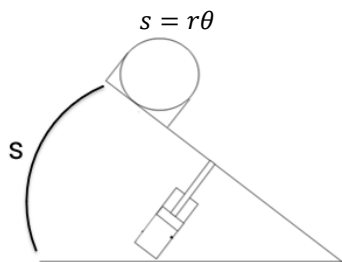


Gambar 3 Proyeksi Posisi Tuas dan Aktuator

Pada gambar 3, panjang langkah (*stroke*) silinder (AC) selanjutnya dihitung menggunakan prinsip trigonometri sudut rotasi maksimum tuas ($\theta = 45^\circ$) terhadap jarak engsel ke titik tumpu silinder ($AB = 0,25 \text{ m}$):

$$AC = AB \cdot \tan \theta = 0,25 \cdot \tan 45^\circ = 0,25 \text{ m} / 250 \text{ mm}$$

Untuk menentukan gaya dorong silinder, panjang lintasan busur rotasi tuas (s) dihitung terlebih dahulu melalui persamaan gerak melingkar:



Gambar 4 Free Body Diagram Persamaan Gerak Melingkar

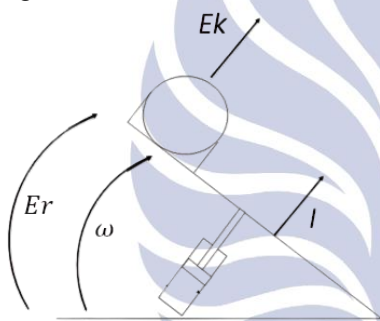
Dengan:

$$r = 0,5 \text{ meter}$$

$$\theta = 45^\circ = 0,7854 \text{ rad, sehingga:}$$

$$s = 0,5 \text{ m} \cdot 0,7854 \text{ rad} = 0,3927 \text{ m}$$

Total energi yang harus disediakan oleh sistem pneumatik (E_{total}) merupakan penjumlahan dari energi kinetik translasi bola (E_k) dan energi kinetik rotasi tuas (E_r). Energi kinetik bola basket berbobot $m = 0,6 \text{ kg}$ dihitung dengan:



Gambar 5 Free Body Diagram Energi Kinetik

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Substitusi nilai:

$$E_k = \frac{1}{2}(0,6 \text{ kg}) \left(9,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 26,5 \text{ J}$$

Selanjutnya, momen inersia tuas ber-massa 1 kg (I) dan kecepatan sudut rotasi (ω) dirumuskan sebagai berikut:

$$I = \frac{1}{3}mL^2$$

Substitusi nilai:

$$I = \frac{1}{3}1 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m}^2 = 0,0833 \text{ kg m}^2$$

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{9,4 \text{ m/s}}{0,5 \text{ m}} = 18,8 \text{ rad/s}$$

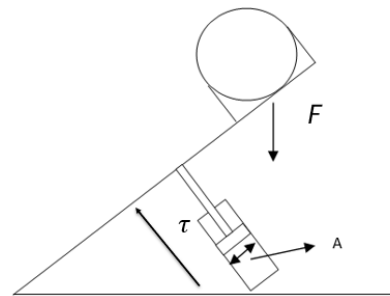
Sehingga besarnya energi kinetik rotasi tuas (E_r):

$$E_r = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}0,0833 \text{ kg m}^2 \cdot 18,8 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 14,7 \text{ J}$$

Dan total energi mekanis sistem (E_{total}) bernilai:

$$E_{total} = E_k + E_r = 26,5 \text{ J} + 14,7 \text{ J} = 41,2 \text{ J}$$

Nilai energi total ini menghasilkan gaya tangensial di ujung tuas (F_{ujung}):



Gambar 6 Gaya yang bekerja

$$F = \frac{E}{s}$$

Substitusi nilai:

$$F = \frac{41,2 \text{ J}}{0,3927 \text{ m}} = 105 \text{ N}$$

Dan momen torsi (τ):

$$\tau = F \times r$$

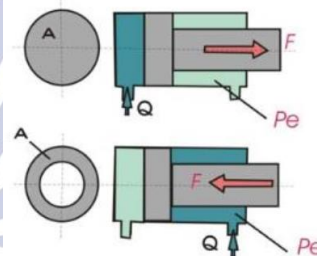
Substitusi nilai:

$$\tau = 105 \text{ N} \times 0,5 \text{ m} = 52,5 \text{ Nm}$$

Dengan demikian, gaya dorong teoritis minimum yang harus dihasilkan oleh silinder pneumatik ($F_{silinder}$) pada jarak $0,25 \text{ m}$ dari titik tumpu engsel adalah:

$$F_{silinder} = \frac{\tau}{0,25 \text{ m}} = \frac{52,5 \text{ Nm}}{0,25 \text{ m}} = 210 \text{ N}$$

Gaya yang diberikan oleh sebuah silinder pneumatik dihitung dengan rumus persamaan:



Gambar 7 Gaya pada Torak Silinder Pneumatik

$$F = P \times A$$

Penentuan kebutuhan tekanan kerja pneumatik (P) didasarkan pada luas penampang silinder (A) bernilai $D = 25 \text{ mm}$ ($r = 0,0125 \text{ m}$):

$$A = \pi r^2 = 3,14 \cdot 12,5 \text{ mm}^2 \approx 490,625 \text{ mm}^2$$

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{210 \text{ N}}{4,906 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 4,28 \times 10^5 \text{ Pa} \approx 4,3 \text{ bar}$$

Guna mengantisipasi rugi-rugi gesekan internal silinder dan faktor keamanan sistem (1,3), tekanan kerja aktual (P_{aktual}) dan gaya aktual (F_{aktual}) ditetapkan melalui persamaan efisiensi:

$$\eta_{total} = \eta_{sirkuit} \times \eta_{silinder}$$

Dengan $\eta = 90\%$, substitusi nilai:

$$\eta_{total} = 0,90 \times 0,90 = 0,81$$

Persamaan dasar hubungan antara tekanan suplai ($P_{kompresor}$) dan tekanan kerja ideal ($P_{silinder}$) berdasarkan efisiensi total adalah:

$$P_{kompresor} = \frac{1}{\eta_{total}} \times P_{silinder}$$

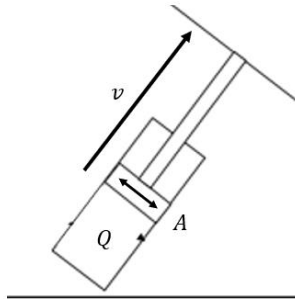
Substitusi nilai $\eta_{total} = 0,81$ ke dalam pecahan pembesar menghasilkan:

$$\frac{1}{0,81} = \frac{100}{81} \approx 1,234 \text{ dibulatkan} = 1,2; \text{ sehingga:}$$

$$P_{aktual} = 4,3 \text{ bar} \times 1,2 \times 1,3 = 6,7 \text{ bar}$$

$$F_{aktual} = P_{aktual} \times A = 328,70 \text{ N}$$

Sementara itu, debit aliran udara aktual (Q_{aktual}) yang disuplai ke silinder dirumuskan dari hasil kali kecepatan torak dan luas penampang yang diperhitungkan terhadap angka keamanan (1,3) dan efisiensi (1,2):



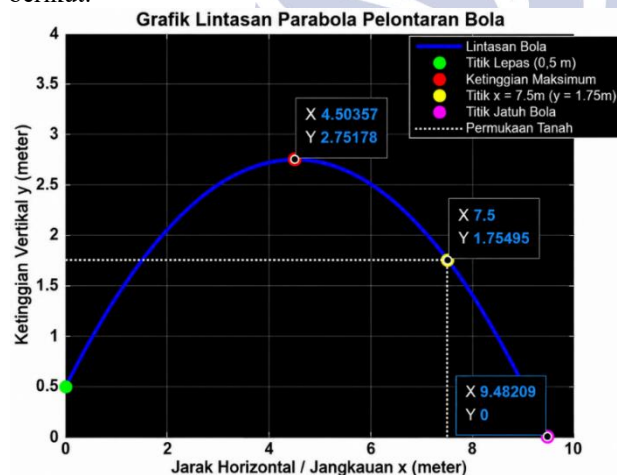
Gambar 8 Suplai Udara pada Silinder

$$Q_{teoritis} = v_{silinder} \times A = 4,7 \times (4,906 \times 10^{-4})$$

$$Q_{teoritis} = 2,305 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 138,35 \text{ L/min}$$

$$Q_{aktual} = 138,35 \text{ L/min} \times 1,2 \times 1,3 = 215,83 \text{ L/min}$$

Hasil Perhitungan parameter utama tersebut kemudian divalidasi menggunakan Matlab, bisa dilihat pada grafik berikut.

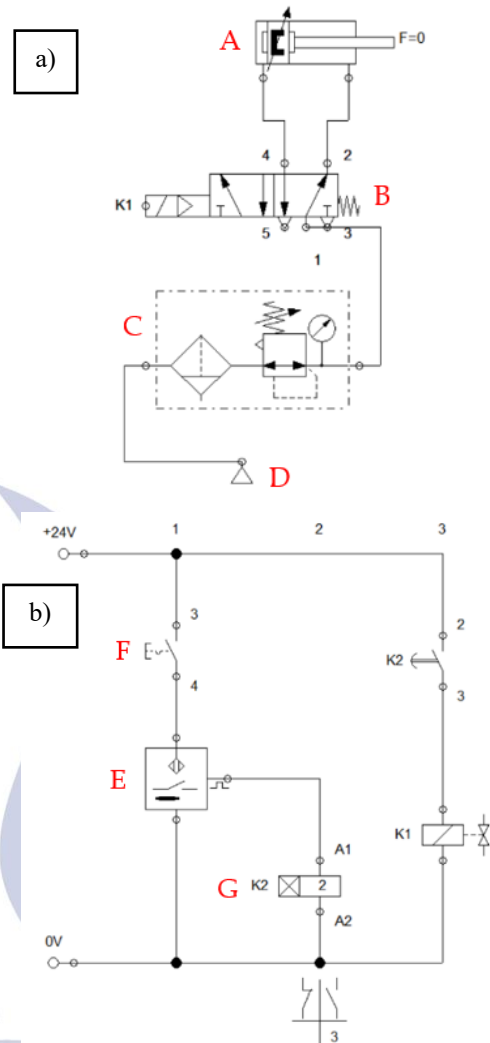


Gambar 9 Grafik Simulasi Perhitungan dengan MATLAB

Berdasarkan hasil validasi simulasi MATLAB, terlihat bahwa model matematis yang dirancang telah konsisten dengan hukum dinamika dan kinematika. Ketinggian bola sebesar 1,76 m pada jarak horizontal 7,5 m mengindikasikan bahwa gaya dorong silinder pneumatik sebesar 328,70 N efektif dalam menghasilkan trajektori lontaran yang sesuai dengan posisi target atlet.

2. Desain dan Simulasi Rangkaian Pneumatik

Perancangan skema sistem kontrol pneumatik dilakukan menggunakan perangkat lunak Festo FluidSIM 4.0.



Gambar 10 a) Rangkaian Pneumatik, b) Rangkaian Elektrikal

Keterangan:

A = Aktuator (Silinder Pneumatik *Double Acting*)

B = Katup Kontrol Arah (Solenoid Valve) *5/2 Monostable*

C = Regulator Tekanan & Filter Udara

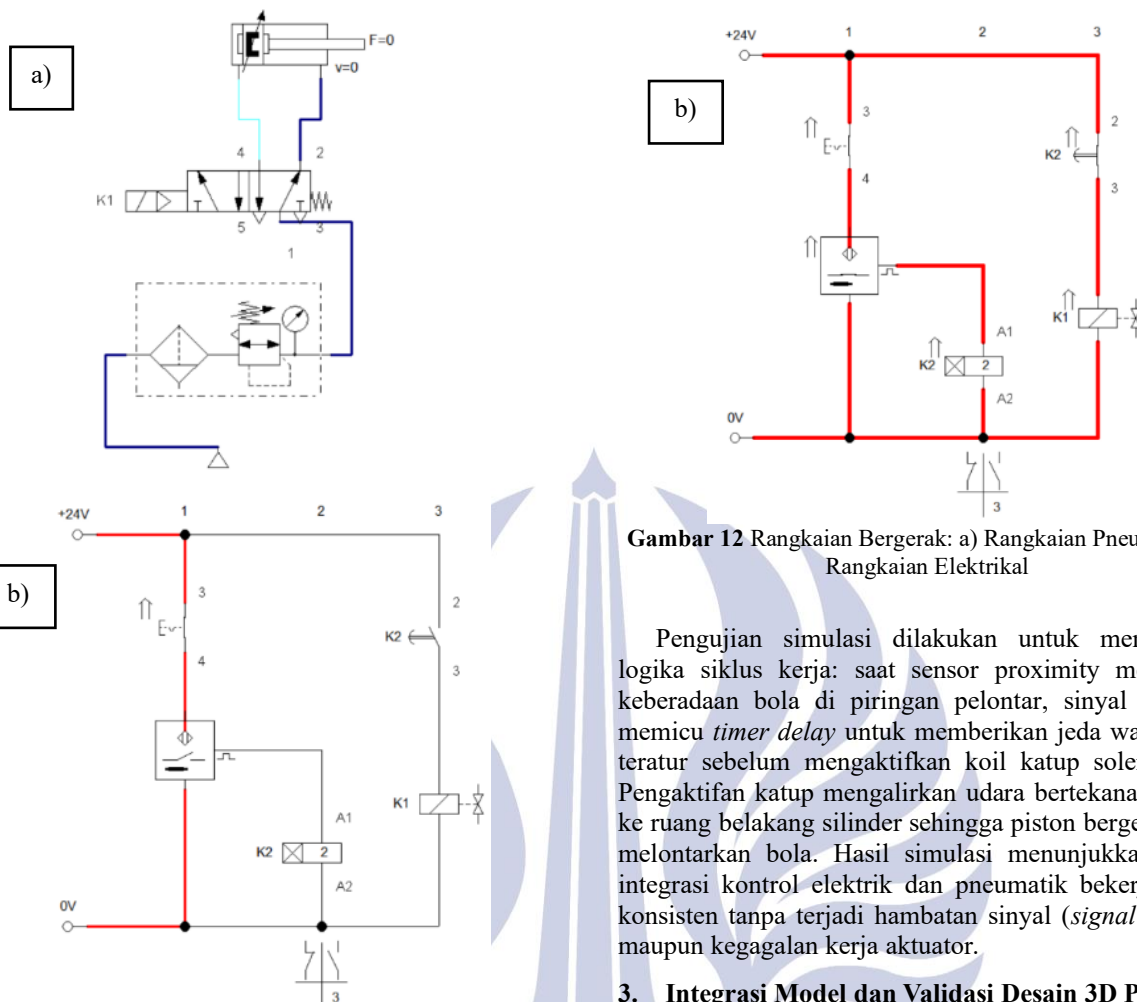
D = Kompresor

E = Sensor Proximity

F = Saklar

G = *Time Delay Relay* (NE555)

Gambar berikut merupakan tampilan simulasi ketika sudah di klik tombol on pada saklar.



Gambar 12 Rangkaian Bergerak: a) Rangkaian Pneumatik, b) Rangkaian Elektrikal

Pengujian simulasi dilakukan untuk memvalidasi logika siklus kerja: saat sensor proximity mendeteksi keberadaan bola di piringan pelontar, sinyal masukan memicu *timer delay* untuk memberikan jeda waktu yang teratur sebelum mengaktifkan koil katup solenoid K1. Pengaktifan katup mengalirkan udara bertekanan 6,7 bar ke ruang belakang silinder sehingga piston bergerak maju melontarkan bola. Hasil simulasi menunjukkan bahwa integrasi kontrol elektrik dan pneumatik bekerja secara konsisten tanpa terjadi hambatan sinyal (*signal overlap*) maupun kegagalan kerja aktuator.

3. Integrasi Model dan Validasi Desain 3D Pelontar

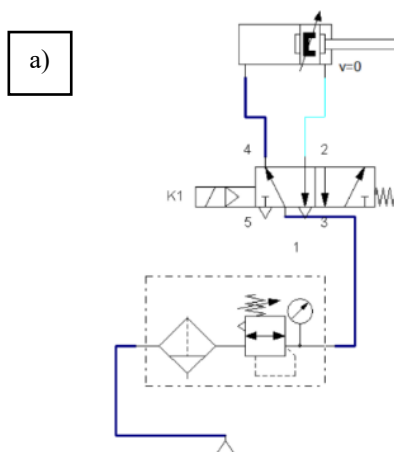
Tahap pemodelan fisik 3D mengaplikasikan optimasi geometri pada tuas pelontar dengan membandingkan desain acuan (*existing design*) terhadap hasil rancang ulang.

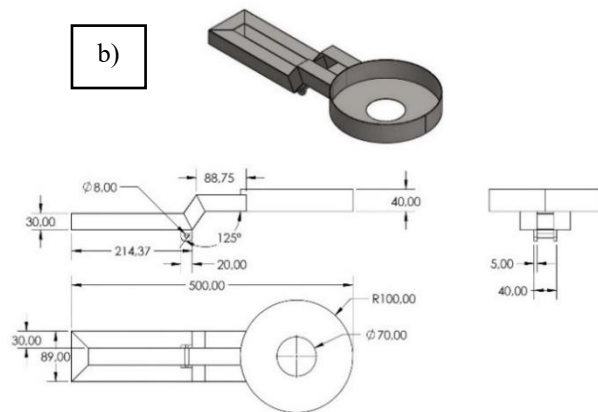
Gambar 11 Rangkaian On (*Steady*): a) Rangkaian Pneumatik, b) Rangkaian Elektrikal

Keterangan:

- Warna merah = aliran listrik
- Warna biru tua = aliran udara ke silinder
- Warna biru muda = aliran udara dari silinder

Kemudian gambar berikut adalah ketika sensor proximity mendeteksi bola dan *time delay* sudah berjalan hingga waktu habis (waktu tunda disetting 2 detik).





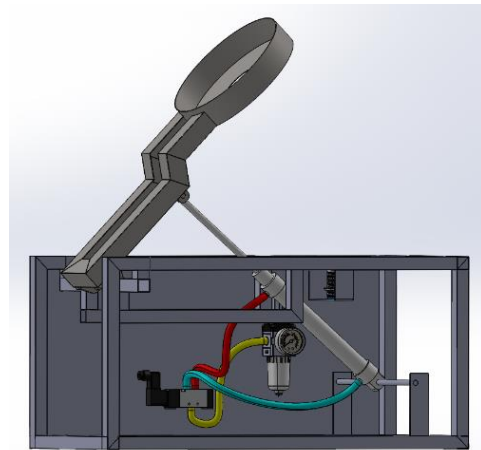
Gambar 13 Perbandingan Desain: a) Desain Acuan, b) Desain Baru

Komponen tuas diperbarui menjadi profil terintegrasi dengan sudut bentukan 125°, dilengkapi piringanudukan bola berdiameter $\varnothing 200$ mm (kedalaman 40 mm) dan lubang tengah $\varnothing 70$ mm. Geometri ini berfungsi mengurangi bobot mati tuas sekaligus menyediakan ruang pembacaan objek bagi sensor proximity.

Tabel 1. Perbandingan Parametrik Tuas Pelontar Acuan & Hasil

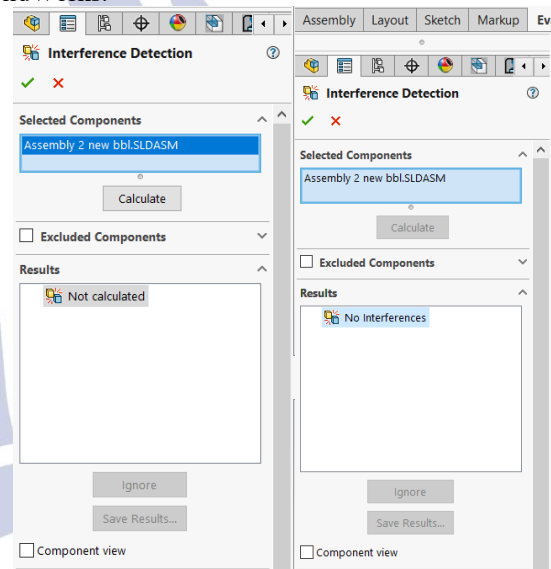
Parameter Geometri	Desain Acuan (Gambar a)	Desain Rancang Ulang (Gambar b)	Tujuan Perubahan
Bentuk Tuas	Batangan lurus / rakitan terpisah	Profil terintegrasi dengan sudut 125°	Meningkatkan distribusi gaya & momen pelontaran
Piringan Bola	Mangkuk/piringan standar	Piringan terintegrasi ($\varnothing 200$ mm, kedalaman 40 mm)	Menjaga cengkeraman bola agar tidak goyang
Pusat Lubang Bola	Tanpa lubang tengah / padat	Lubang tengah $\varnothing 70$ mm	Mengurangi bobot mati & presisi dudukan bola
Poros Tumpuan	Belum terdefinisi spesifik	Engsel terstandarisasi ($\varnothing 8$ mm)	Kemudahan perakitan dan perawatan

Kemudian, assembly desain mekanik dan pneumatik pada sistem basketball launcher dilakukan untuk mengintegrasikan seluruh komponen menjadi satu kesatuan yang fungsional.



Gambar 14 Desain 3D Assembly Basketball Launcher

Validasi geometris dilakukan menggunakan fitur *Interference Check* pada perangkat lunak CAD SolidWorks.

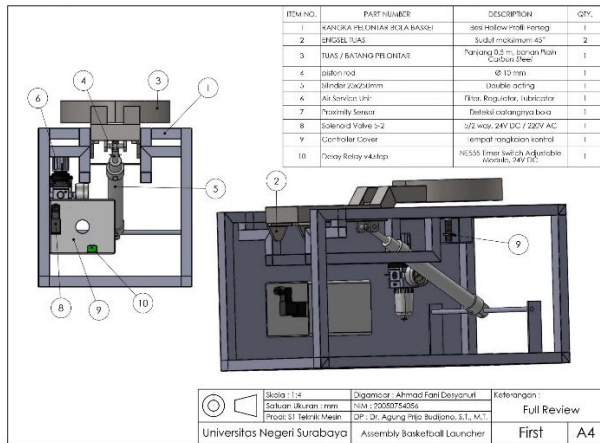


Gambar 15 Interference Check: a) Memilih Komponen, b) Hasil Validasi

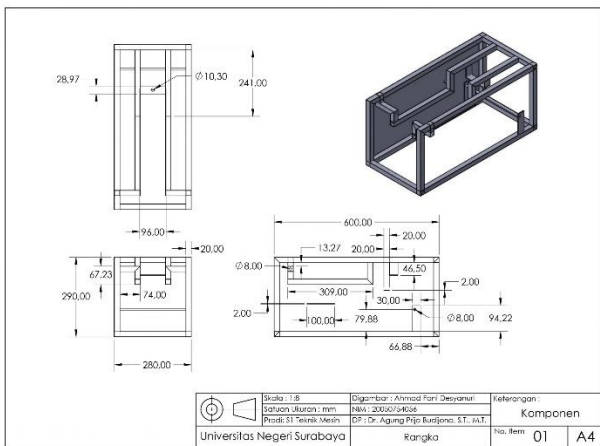
Pengujian statis pada rakitan komponen menghasilkan status "*No Interferences*" pada kolom "*Results*" membuktikan bahwa seluruh celah antar-komponen (*clearance*) telah terpenuhi dengan baik, sehingga hasil desain dinyatakan valid dan siap untuk melangkah ke tahap manufaktur/fabrikasi tanpa risiko kendala benturan saat perakitan. Namun apabila masih terdapat komponen yang bersinggungan maka akan tertera ada *Interference* pada komponen tersebut. Sehingga, solusinya adalah dengan memperbaiki lagi ukuran dimensi atau posisinya sampai tidak ada yang bersinggungan.

4. Penyusunan Gambar Kerja (*Shop Drawing*)

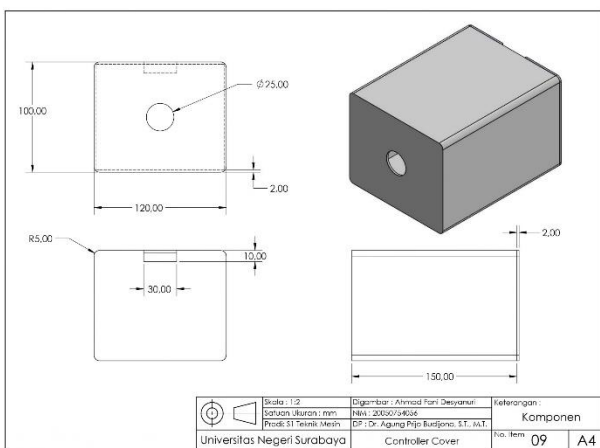
Tahap akhir perancangan menghasilkan dokumen teknis dua dimensi (*Shop Drawing 2D*) berstandar ISO sebagai panduan proses manufaktur.



Gambar 16 Bill of Materials Keseluruhan Desain



Gambar 17 Draft Desain Rangka



Gambar 18 Draft Desain Cover Komponen

Dokumen gambar kerja mencakup komponen yang perlu didesain kustom untuk bentuk dan dimensinya, detail dimensi presisi, dan daftar komponen (*Bill of Materials* / BOM). Pembuatan gambar kerja (*shop drawing*) detail difokuskan pada komponen kustom yang difabrikasi secara mandiri. Adapun komponen yang dibeli langsung di pasaran tidak dilengkapi gambar detail individual karena menggunakan spesifikasi standar pabrikan. Kelengkapan *shop drawing* ini memastikan bahwa seluruh spesifikasi geometri tuas, ukuran rangka penopang, dan titik koordinat mounting silinder dapat difabrikasi dan

dirakit secara presisi di bengkel industri tanpa memerlukan modifikasi fisik tambahan.

Simpulan

Mekanisme pelontar bola basket menggunakan tuas yang berputar pada titik engsel sebagai poros utama. Ketika silinder pneumatik menerima udara bertekanan, piston mendorong tuas sehingga berotasi hingga sudut pelontaran 45° dan menghasilkan kecepatan pada bola yang berada di ujung tuas. Setelah bola terlepas dan bergerak mengikuti lintasan parabola menuju target, tuas kembali ke posisi awal untuk memulai siklus pelontaran berikutnya.

Berdasarkan hasil perancangan, komponen utama yang digunakan pada sistem pelontar bola basket terdiri dari silinder pneumatik dan kompresor udara. Silinder pneumatik yang dipilih memiliki diameter piston 25 mm dengan panjang langkah (*stroke*) 250 mm untuk menghasilkan gerakan penggerak pada tuas pelontar. Sementara itu, sumber udara bertekanan menggunakan kompresor dengan tekanan kerja 1–10 bar, debit udara minimum 150 L/min, kapasitas tangki 60 L, serta daya motor 1 HP (0,75 kW) sehingga mampu memenuhi kebutuhan udara pada sistem pneumatik yang dirancang.

Hasil simulasi menggunakan perangkat lunak Festo FluidSIM telah diperoleh rangkaian sistem pneumatik dan elektrik yang digunakan untuk mengoperasikan mekanisme pelontar bola basket. Rangkaian pneumatik terdiri atas kompresor, *air service unit*, katup solenoid 5/2 dengan pegas kembali (*spring return*), dan silinder pneumatik *double acting*, sedangkan rangkaian elektrik terdiri atas power supply 24 V, saklar, sensor proximity, time delay relay, dan solenoid valve. Hasil simulasi menunjukkan bahwa integrasi kedua rangkaian tersebut mampu mengendalikan gerakan maju dan kembali silinder pneumatik secara otomatis sesuai urutan kerja yang telah dirancang.

Model tiga dimensi (3D *shop drawing*) didesain menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Model tersebut mengintegrasikan seluruh komponen utama sistem, yaitu kompresor, *air service unit*, katup solenoid, silinder pneumatik *double acting*, serta berbagai komponen pendukung seperti selang, fitting, danudukan pemasangan. Hasil *shop drawing* yang diperoleh memberikan gambaran detail tata letak dan hubungan antar komponen sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam proses manufaktur dan perakitan sistem pelontar bola basket.

DAFTAR PUSTAKA

- Afzeri. (2014). *Hidrolik dan Pneumatik*. Politeknik Enjening Indorama Teknik Mekatronika.
- Artha, I. D., & Carina, N. (2020). Penggunaan Konsep Redesain Terhadap Gelanggang Remaja Sebagai Tempat Ketiga di Kawasan Bulungan, Jakarta Selatan. *STUPA (Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur)*, 1355. <https://doi.org/10.24912/stupa.v2i2.8517>

- Badruzzaman, Dionisius, F., Suliono, Hermawan, R., & Faktasyamsa, G. G. (2021). Rancang Bangun Aplikasi Rangkaian Ragum Penjepit pada Alat Peraga / Trainer Sistem Pneumatik Sederhana. *SENTRINOV*.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). *Material Science and Engineering*. New Jersey: Wiley.
- Eposito, A. (2014). *Fluid Power with Applications*. London: Pearson.
- Fields, T., Gonzales, E., Gonzales, M., Murugesu, P., & Shah, R. (2021). *United States of America Patent No. US 20210283479A1*.
- Haetami, Z. (2021). *Gerak Parabola*.
- Hendriko, Edilla, & Irawan, K. (2019). Pengembangan Mesin Pelontar dan Pengumpul Bola Basket Otomatis . *ELEMENTER Vol. 5, No. 2*. <https://doi.org/10.35143/elementer.v5i2.3138>
- Huluk, H. (2023). Menentukan Pneumatik dalam Perancangan Mesin Press Conblok dengan Beban 250 Kg. *ReTiMs*, 13-18. <https://doi.org/10.32897/retims.2023.5.1.2055>
- Irawan. (2010). *Landasan Konseptual Perencanaan dan Perancangan Basketball Training Center di Yogyakarta*. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Ismoyo, B., & Cahyono, M. A. (2021). Modifikasi Sistem Kendali Pneumatik Alat Press Tread Pada Building Section Mesin 02.03 Tire Motorcycle . *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, 15-24. <https://doi.org/10.26740/inajet.v4n1.p15-24>
- Misfajar, M., & Sulistyorini. (2019). Analisis Antropometri dan Kondisi Fisik Pemain Bola Basket Putra. *Indonesia Performance Journal*, 22-26.
- Mulyanto, A. (2009). *Sistem Informasi Konsep dan Aplikasi*. Yogyakarta: PUSTAKA PELAJAR.
- Nurlina, & Riskawati. (2017). *Fisika Dasar I*. Makassar: LPP Unismuh Makassar.
- Panjaitan, A., Harahap, M., Syaputra, S. A., Fadlan, M., & Suherman. (2021). Rancang Bangun dan Simulasi Sistem Pneumatik dengan 1 Silinder Sebagai Media Pembelajaran. *ATDS SAINTECH*, 38-45.
- Priyono. (2017). *Modul Praktikum Otomasi - I Pneumatik*. Politeknik Negeri Manado Jurusan Teknik Mesin.
- Rozak, F. S., Putranto, A. C., Setyawan, B., Yudhanegara, F. F., & Riandini. (2019). Rancang Bangun Lengan Robot Pelontar Bola dengan Sistem Pneumatik. *Electrices Vol 1 No 1*, 37-42. <https://doi.org/10.32722/eecs.v1i1.2305>
- Saichudin, & Rifqi Munawar, S. A. (2019). *Buku Ajar Bola Basket*. Malang: Wineka Media.
- Sucipto, E. (2010). *Bahan Belajar Mandiri 5 Pesawat Sederhana*. Erlangga.
- Sudaryono. (2013). *Pneumatik & Hidrolik*. Malang: PPPPTK Boe Malang.