

ANALISIS PENGGUNAAN SISTEM AKTUATOR PNEUMATIK BERTENAGA SURYA TERHADAP KINERJA MESIN PEMOTONG NANAS

Rafil Arizona ¹⁾ ✉, M Iqbal ¹⁾, Kurnia Hastuti ¹⁾, Sehat Abdi Saragih ¹⁾, Shandy Kurniadi ²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin
Universitas Islam Riau
Kaharuddin Nst 113, Pekanbaru
Provinsi Riau, 28284
rafilarizona@uir.ac.id

²⁾Departemen Teknik Mesin
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya
Jawa Timur, 60111
shandykurniadi0406@gmail.com

Abstract

The main objective of this research is to determine the overall performance value of the pneumatic actuator system on a solar-powered pineapple cutting machine. The research methods used are literature study and experimental laboratory. The laboratory experimental method is very suitable to be applied to post-harvest agricultural machines with a small capacity where the research is only focused on the success of the actuator system in carrying out pineapple cutting movements automatically by utilizing pressurized air coming from the compressor. The variation in air pressure for the pneumatic actuator is set at the air pressure, namely 3, 4, and 5 Bar. The actual peeling capacity using air pressure of 3 Bar resulted in 160 pineapple cutting/per hour, 170 fruit/per hour for 4 Bar, 173 bar for 5 bar, and 173 fruit/per hour manually. The efficiency of peeling pineapple manually was 82.8% while using a pneumatic actuator system it was 70.6%. The DC electrical energy storage capacity required for the pneumatic actuator drive system is a battery with a capacity of 80 Ah 12 v which is supplied by electrical energy originating from a 200 Wp solar panel. Solar panels of this size are sufficient to equip a pneumatic actuator system for stripping with capacity of 1 hour/day. The results of this study are expected provide the latest reference for determining the optimal productivity of solar-powered pineapple cutting machines today.

Keywords: Actuator Pneumatic, Pineapple Cutting Machine, Solar Module, Compressed Air.

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kaya dengan hasil pertanian yang berlimpah, salah satu hasil pertanian yang cukup terkenal di dunia adalah hasil pertanian buah nanas ^{[1][2]}. Menurut Badan Pusat Statistik (2021) produksi nanas di Indonesia dilihat dari 4 tahun terakhir mengalami kenaikan produksi nanas yang signifikan yaitu pada tahun 2018 produksi nanas mencapai 1.805.506 ton ^{[3][4]}, pada tahun 2019 produksi nanas mencapai 2.196.458 ton, pada tahun 2020 produksi nanas mencapai 2.447.243 ton, dan ditahun 2021 produksi nanas mencapai 2.886.417 ton ^{[4],[5]}. Dengan berlimpahnya jumlah produksi nanas tersebut membuat industri rumahan dengan produk unggulan nanas di Indonesia dapat mengolah

Corresponding Author:

✉ Rafil Arizona

Received on: 2023-10-31

Revised on: 2024-01-22

Accepted on: 2024-01-27

nanas menjadi berbagai macam produk olahan, baik itu olahan pangan ataupun non pangan^{[6]-[7][8]}.

Untuk menghasilkan produk olahan berbahan baku buah nanas tentunya terlebih dahulu diawali dengan melakukan pengupasan kulit nanas^{[9]-[10]}, tujuannya adalah agar daging nanas yang diperoleh dapat diolah pada tahap berikutnya. Selama ini pengupasan yang dilakukan umumnya masih menggunakan proses manual yaitu menggunakan pisau sebagai alat pengupas nanas dengan bantuan tenaga manusia^{[11][12]}, salah satu home industry pengolahan nanas yang ada di Indonesia membutuhkan sebanyak 5 orang untuk mengupas nanas sebanyak 280 buah dan membutuhkan waktu selama 7 jam untuk menyelesaikannya.^[13] Hal ini terbilang tidak efektif karena memakan waktu yang cukup lama, menguras tenaga dan tentunya keselamatan kerja kurang menjadi prioritas utama sehingga sangat memungkinkan alat potong yang digunakan dapat melukai tubuh penggunanya^{[14][15],[12]}.

Jika sekedar memenuhi kebutuhan sendiri atau dalam jumlah kecil, cara pengupasan manual dengan menggunakan tenaga manusia masih sesuai dan cocok untuk digunakan, akan tetapi untuk pengupasan dalam jumlah besar misalnya untuk memenuhi kebutuhan industri cara pengupasan sudah tidak lagi bisa diterapkan alasannya adalah karena produktifitasnya yang rendah yaitu berkisar antar 10 menit per produk^[16]. Seiring dengan desakan masyarakat akan kemajuan teknologi, berbagai cara telah dilakukan untuk menciptakan mesin-mesin yang dapat menggantikan proses (manual) atau tradisional guna mendapatkan hasil pemotongan yang lebih banyak dengan kualitas produk yang lebih unggul^{[13][17],[16],[18]}. Adapun beberapa peneliti terdahulu telah melakukan penelitian untuk membuat proses pengupasan buah nanas menjadi lebih baik diantaranya yaitu Achmad Dzulqornaini & Priyo Heru Adiwibowo (2015) melakukan perancangan pembuatan mesin pengupas nanas semi otomatis. Pada penelitian ini motor listrik digunakan sebagai sumber tenaga utama penggerak dimana putaran dari 1400 rpm berubah menjadi 110 rpm menggunakan komponen 2 buah pulley berdiameter 30 mm dan 382 mm. 2 buah *V-Belt* yang digunakan bertipe A 73^[19].

Kemudian P.G.A.L. Siriwardhana & D. C. Wijewardane (2018) merancang dan mengembangkan mesin pengupas dengan menggunakan annulus (roda cincin) dan sistem planetary gear. Dengan 2 komponen mesin ini buah dapat dikupas dalam bentuk melengkung sambil digerakkan secara linier^[20]. Pada tahun 2022 terdapat 2 penelitian yang berfokus pada perancangan mesin pengupas nanas menggunakan pemotong silinder namun dengan prinsip kerja dan teknologi yang diterapkan berbeda. Mansur & Nurdiana (2020) melakukan rancang ulang mesin pengupas nanas dengan menggunakan poros engkol penekan untuk kapasitas sebesar 200 buah/jam. Mesin pengupas nanas yang dihasilkan mampu menghasilkan gaya pengupasan sebesar 19 kg, putaran kerja 24 rpm, daya motor penggerak (P) 935,34 Watt, daya motor yang digunakan 1,5 HP. Putaran aktual 1420 rpm, tegangan 220 volt, 1 phase^[11]. Kemudian Krishna Prakasha, dkk (2020) merancang mesin mengupas dan pengiris buah nanas dengan memanfaatkan udara bertekanan tinggi terkompresi yang kemudian dilewatkan ke katup solenoid guna mengontrol pasokan udara kedalam silinder pneumatik. Otomatisasi pergerakan silinder untuk memotong dan mengiris buah nanas menggunakan sensor proximity induktif dimana kontrol secara penuh dikendalikan menggunakan mikrokontroler ATMELE 89S52^[21].

Kemudian Renny Eka Putri, dkk (2021) melakukan pengembangan alat pengupas nanas semi mekanis dengan menambahkan unsur ergonomi. Alat pengupas nanas yang dihasilkan memiliki kombinasi antara tuas pengupas, dan mata pisau pengupas kulit nanas yang terhubung langsung dengan tujuan agar kulit nanas mudah terkelupas^[13]. Selanjutnya Habibur Rahman & Sunarto (2022) merancang mesin pengupas kulit nanas menggunakan penggerak motor listrik dimana mesin dibuat dengan menggunakan rangka besi *hollow galvanis*. Mesin pengupas yang dirancang mampu mengupas nanas dalam berbagai ukuran

dengan proses pengupasan 2 kali pengulangan dengan berat rata-rata nanas mulai dari 78gram sampai 915 gram^[22]. Penggunaan rangka besi *hollow* dalam perancangan mesin pengupas nanas digunakan oleh Wanasis Yenanta & Satria Khalis Utama (2023) dalam penelitiannya mengenai teknologi pembangkit listrik tenaga surya untuk penggerak energi listrik pada mesin pengupas nanas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pembangkit listrik tenaga surya yang terpasang mampu atau tidak untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada mesin pengupas nanas dan untuk mengetahui lama baterai dapat digunakan untuk menyuplai kebutuhan beban. Penelitian ini menggunakan pembangkit listrik tenaga surya yang terintegrasi dengan mesin pengupas nanas. Berdasarkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka didapat daya *input* (Pin) rata-rata sebesar 1068,74 W, faktor pengisi (FF) rata-rata bernilai 0,885718, daya *output* (Pout) rata-rata bernilai 149,08 W dan lama waktu baterai dapat digunakan adalah 11 jam^[23]. Berdasarkan penelitian ini terbukti sistem PLTS mampu memberikan suplai daya sebagai penggerak pada mesin pengupas buah nanas.

Pada tahun 2021 penulis telah membuat mesin pengupas nanas berbasis aktuator pneumatik dengan pemanfaatan modul surya sebagai suplai energi listriknya^[18]. Namun penelitian tersebut hanya membahas terkait dengan kinerja modul surya yang digunakan sebagai sumber energi listrik utamanya, sehingga kekurangan dari penelitian tersebut adalah tidak adanya hasil yang menunjukkan kinerja dari sistem aktuator yang digunakan^[18]. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Krishna Prakasha, dkk (2020) mesin pemotong nanas dengan sistem aktuator pneumatik memerlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui kinerja dari pneumatik silinder secara khusus^[21]. Maka dari itu, agar dapat diketahui nilai kinerja dari sistem aktuator pneumatik pada pemotong nanas yang digunakan penulis melakukan analisa penggunaan sistem aktuator pneumatik bertenaga surya terhadap kinerja mesin pemotong nanas sebagai bagian dari penelitian lanjutan yang telah dikerjakan pada tahun 2021. Tujuan utama sekaligus keterbaruan dalam penelitian ini adalah agar nilai kinerja sistem aktuator pneumatik bertenaga surya yang dihasilkan dapat digunakan sebagai acuan terbaru untuk menentukan produktivitas mesin pemotong dan pengupas nanas yang optimal.

2. METODE DAN BAHAN

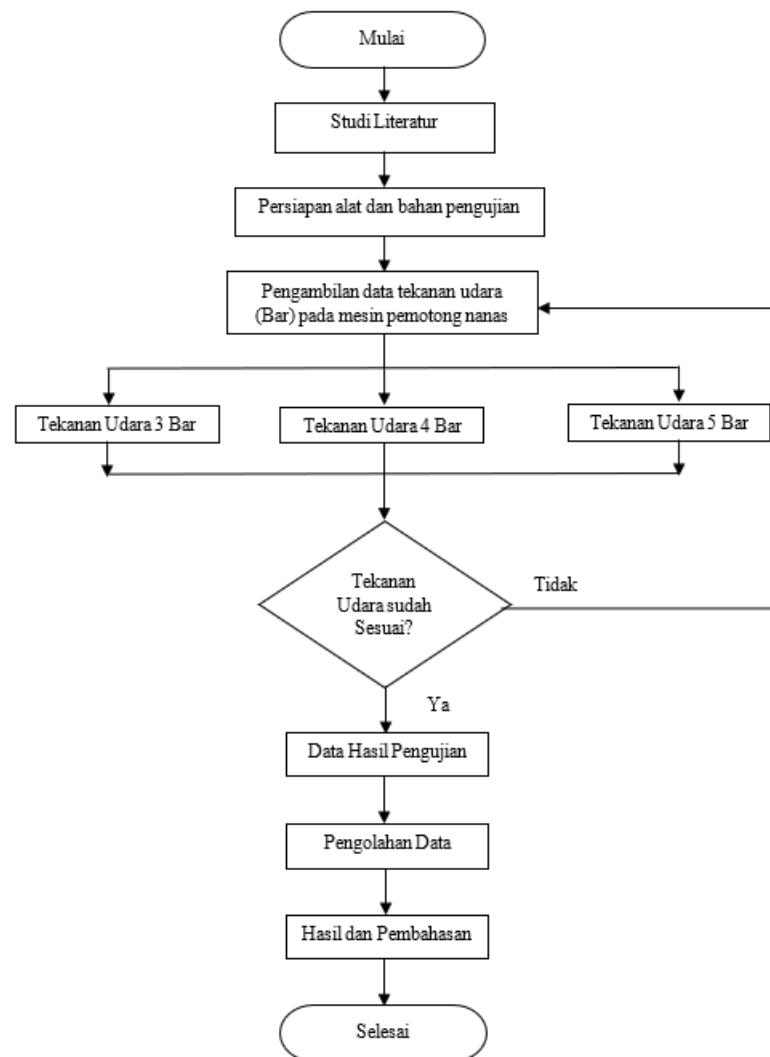
Metode *review* dan proses pelaksanaan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode studi literatur dan metode *experimental laboratory*. Studi literatur pada penelitian ini digunakan untuk mengumpulkan data hasil penelitian dari penelitian sebelumnya guna menemukan permasalahan pada penelitian relevan yang diteliti. Sedangkan metode *experimental laboratory* yakni pengujian difokuskan pada sistem pneumatik yang menjadi penggerak utama pada mesin pemotong nanas. Metode *eksperimental laboratory* dilakukan karena kelebihanannya sangat cocok diterapkan pada mesin pertanian pasca panen skala dengan kapasitas kecil yang dimana penelitian hanya difokuskan pada keberhasilan sistem aktuator dalam melakukan gerak dan memotong buah nanas secara otomatis dengan memanfaatkan udara bertekanan yang berasal dari *compressor*.

Adapun prosedur pelaksanaan penelitian tersebut meliputi dari mulai mempersiapkan alat uji (mesin pemotong nanas) hingga pengambilan data. Penelitian ini dilaksanakan di Gedung B Laboratorium Konversi Energi, Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, yang beralamat di Jl. Kaharuddin Nasution No. 133, Marpoyan, Pekanbaru.



Gambar 1. Laboratorium Teknik Mesin, Universitas Islam Riau

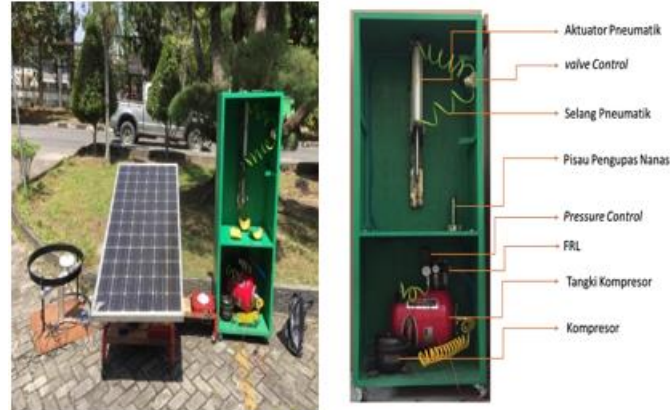
Adapun *flowchart*, yakni alur pengerjaan penelitian dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.1. Alat dan Bahan Penelitian

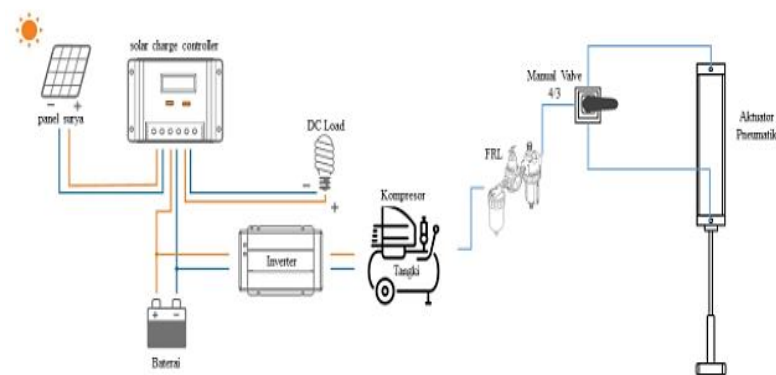
Pada penelitian ini digunakan alat uji berupa mesin pemotong nanas dengan sistem aktuator pneumatik bertenaga surya, yakni sebagai berikut:



Gambar 3. Alat Pengupas Nanas dengan Sistem Aktuator Pneumatik Bertenaga Surya

Alat pemotong nanas dengan sistem aktuator pneumatik bertenaga surya ini terdiri dari 9 komponen utama yang meliputi 1). Panel surya sebagai catudaya^{[18][23]}, 2). Aktuator pneumatik^{[18][23][21]}, 3). Valve control^[21], 4). Selang pneumatic, 5). Pisau pengupas nanas, 6). Pressure control^[18], 7). FRL (Filter, Regulator, Lubricator)^[21], 8). Tangki kompresor^[18], 9). Kompresor^[18]. Adapun alat ukur yang digunakan meliputi: 1). Jangka sorong^[13], 2). *Pressure gauge*^[18], 3). *Stopwatch*. Dan untuk bahan yang digunakan dalam penelitian ini hanya 1 yakni, buah nanas berjenis Quenn^[13] dengan ukuran diameter spesifik yang dapat digunakan untuk pengujian yakni berada pada rentang 11-15 cm^[18], dengan tingkat kematangan: setengah matang hingga matang.

Berikut merupakan skema rangkaian kelistrikan dan prinsip kerja dari mesin pemotong nanas dengan sistem aktuator pneumatik tenaga surya yang telah dirancang.



Gambar 4. Skema Rangkaian Kelistrikan Alat Pengupas Nanas dengan Sistem Aktuator Pneumatik Tenaga Surya

Prinsip Kerja dan Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Prinsip kerja alat pemotong nanas dengan sistem aktuator pneumatik bertenaga surya pada penelitian ini dimulai dari: 1). Panel surya menghasilkan energi listrik dengan mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik DC, selanjutnya energi listrik tersebut diteruskan

menuju *solar charge controller*. 2). Pada *solar charge controller* energi listrik akan diatur dan distabilkan. Listrik yang dihasilkan panel surya sudah dapat di gunakan oleh peralatan elektronik dengan arus DC, tetapi karena kompresor yang digunakan menggunakan arus AC maka listrik selanjutnya akan di simpan ke dalam baterai. 3). Dari *charger controller* listrik akan menuju baterai untuk disimpan. 4). Dari baterai energi listrik yang akan digunakan diteruskan menuju *inverter* untuk dilakukan pengaturan pada tegangan & arus listrik agar dapat di ubah dari listrik DC menjadi arus AC. 5). Energi listrik dari inverter sudah dapat digunakan oleh kompresor untuk menyuplai udara bertekanan. 6). Kompresor akan menghisap udara yang berada di atmosfer dan menyimpannya ke dalam tangki kompresor hingga udara pada tabung akan mencapai tekanan 8 bar. 7). Selanjutnya udara bertekanan akan melewati *air dryer* atau *air filter* untuk memisahkan kandungan air dan memisahkan udara dari kemungkinan adanya debu dan kotoran yang mungkin ada di dalam udara, meski jumlah air dan kotoran pada udara yang masuk kedalam sistem pneumatik persentasenya kecil, namun hal ini dapat menjadi penyebab serius dari tidak berfungsinya sistem. 8). Udara akan diatur jumlah tekanannya dengan regulator sesuai tekanan yang diinginkan, sehingga besar tekanan udara yang mengalir menuju aktuator telah sesuai dengan standar. 9). Menekan tuas *manual valve* yang merupakan katup pada sistem pneumatik yang berfungsi untuk mengarahkan aliran udara bertekanan menuju aktuator pneumatik. 10). Piston/torak aktuator pneumatik dengan pisau pengupas silinder akan bergerak maju untuk mengupas nanas, jika tuas di tekan ke bawah secara manual maka *valve* akan menyalurkan udara bertekanan dari *air cylinder* ke *inlet*. Setelah nanas berhasil terkupas, tuas dapat ditekan keatas maka *valve* akan menyalurkan udara bertekanan dari *air cylinder* ke *outlet* maka piston akan bergerak mundur dan kembali ke posisi awal.

Setelah diketahui prinsip kerja alat uji (mesin pemotong nanas), maka dapat dilakukan prosedur pelaksanaan penelitian yang meliputi 8 langkah prosedur yakni sebagai berikut: 1). Nyalakan kompresor dengan menghubungkan dengan sumber listrik dari modul surya, tunggu hingga tekanan udara pada kompresor mencapai 8 bar. 2). Pastikan tuas suplai udara ke aktuator tertutup. 3). Siapkan *stopwatch* dan kamera untuk merekam waktu dan proses pemotongan. 4). Lakukan pengaturan tekanan udara pada *air service unit* dengan memutar pangatur katup. 5). Setelah pengaturan selesai dilakukan maka sistem sudah bisa running dan digunakan. 6). Tempatkan buah nanas yang sudah dipotong ujung dan pangkalnya ke wadah bawah pisau pengupas. 7). Putar tuas suplai udara bertekanan ke arah bawah untuk menggerakkan aktuator pneumatik (maju) dan putar tuas ke atas untuk menggerakkan aktuator pneumatik kembali ke posisi semula (mundur). 8). Sebelum pemotongan dilakukan, lakukan perekaman menggunakan kamera dengan bantuan *stopwatch* dari awal sampai akhir pemotongan untuk mendapatkan waktu pemotongan. 9). Terakhir, catat data pengujian dan lanjutkan proses pelaksanaan dengan melakukan variasi tekanan udara berdasarkan diagram alir penelitian yang telah dirancang.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Perhitungan penggunaan sistem aktuator pneumatik

Perhitungan awal dilakukan pada silinder aktuator pneumatik saat melakukan pengupasan buah nanas. Diketahui:

- Diameter torak (d_1) : 50 mm = 5 cm
- Diameter batang torak (d_2) : 25 mm = 2,5 cm
- Panjang langkah : 300 mm = 30 cm
- Jumlah langkah : 2 langkah

Luas penampang torak (A) dapat dicari melalui:

$$\begin{aligned} A &= \frac{d_1^2 \times \pi}{4} \\ &= \frac{5^2 \times \pi}{4} \\ &= 19,63 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang batang torak (A_r) dapat dicari melalui:

$$\begin{aligned} A_r &= \frac{d_1^2 \times \pi}{4} \\ &= \frac{2,5^2 \times \pi}{4} \\ &= 4,90 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Jadi luas penampang kerja/analus area (A_R) = $A - A_r$:

$$\begin{aligned} A_R &= A - A_r \\ &= 19,63 - 4,90 \\ &= 14,73 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tabel 1. Data waktu langkah torak maju dan langkah torak mundur

No	Tekanan Pengujian (Bar)	Waktu Torak Bergerak Maju (detik)	Waktu Torak Bergerak Mundur (detik)
1	3 Bar	1,18	1,22
2	4 Bar	0,57	0,59
3	5 Bar	0,40	0,42

1. Gaya dorong pada torak

a) Gaya dorong maju tekanan pengujian 3 Bar

1bar=1kg/cm² x 10 m/cm² (percepatan gravitasi)

Maka, 1 bar =10N/cm²

$$\begin{aligned} F_{\text{maju}} &= P_e \cdot A \\ &= 3\text{Bar} \times 19,63 \text{ cm}^2 \times 9,8 \left(\frac{10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}}{\text{Bar}} \right) \\ &= 588,9 \text{ N} \end{aligned}$$

b) Gaya dorong mundur tekanan pengujian 3 Bar

$$\begin{aligned} F_{\text{mundur}} &= P_e \cdot A_R \\ &= 3\text{Bar} \times 14,73 \text{ cm}^2 \times \left(\frac{10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}}{\text{Bar}} \right) \\ &= 441,9 \text{ N} \end{aligned}$$

2. Kebutuhan udara pengupasan

a) Kebutuhan udara langkah maju tekanan pengujian 3 bar

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{maju}} &= A \cdot S \cdot n \left(\frac{P_e + P_{\text{atm}}}{P_{\text{atm}}} \right) \\
 &= 19,63 \text{ cm}^2 \times 30 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ kali}}{1,18 \text{ detik}} \left(\frac{3 \text{ Bar} + 1,0132 \text{ Bar}}{1,0132 \text{ Bar}} \right) \\
 &= 1976,69 \frac{\text{cm}^3}{\text{detik}} \times \frac{60}{1000} \left(\frac{\text{liter}}{\text{menit}} \right) \\
 &= 118,6 \text{ liter / menit}
 \end{aligned}$$

b) Kebutuhan udara langkah mundur tekanan pengujian 3 bar

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{mundur}} &= A_R \cdot S \cdot n \left(\frac{P_e + P_{\text{atm}}}{P_{\text{atm}}} \right) \\
 &= 14,73 \text{ cm}^2 \times 30 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ kali}}{1,22 \text{ detik}} \left(\frac{3 \text{ Bar} + 1,0132 \text{ Bar}}{1,0132 \text{ Bar}} \right) \\
 &= 1434,69 \frac{\text{cm}^3}{\text{detik}} \times \frac{60}{1000} \left(\frac{\text{liter}}{\text{menit}} \right) \\
 &= 86,08 \text{ liter / menit}
 \end{aligned}$$

3. Kecepatan Torak

a) Kecepatan torak pada langkah maju pengujian tekanan 3 bar

$$\begin{aligned}
 V_{\text{maju}} &= \frac{Q_{\text{maju}}}{A} \\
 &= \frac{1976,69 \text{ cm}^3 / \text{detik}}{19,93 \text{ cm}^2} \\
 &= 99,18 \text{ cm / detik}
 \end{aligned}$$

b) Kecepatan torak pada langkah mundur pengujian tekanan 3 bar

$$\begin{aligned}
 V_{\text{mundur}} &= \frac{Q_{\text{mundur}}}{A} \\
 &= \frac{1434,69 \text{ cm}^3 / \text{detik}}{14,73 \text{ cm}^2} \\
 &= 97,39 \text{ cm / detik}
 \end{aligned}$$

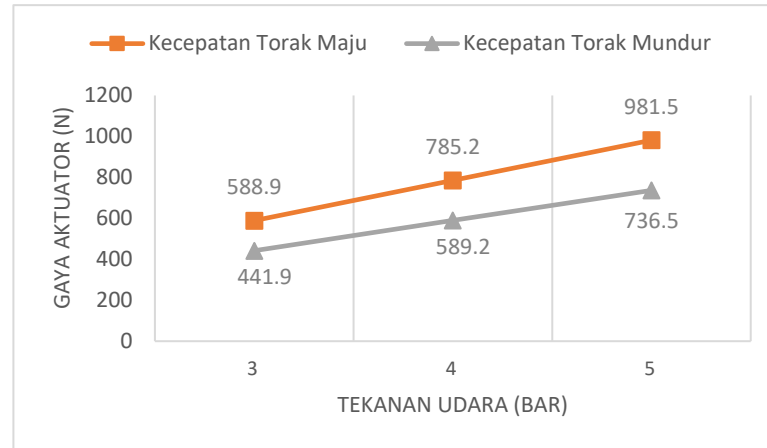
3.2. Pengaruh Jumlah Distribusi Tekanan Udara Terhadap Gaya Pada Aktuator

Untuk melihat pengaruh jumlah distribusi tekanan udara terhadap gaya pada aktuator dapat dilihat dengan merujuk pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Distribusi udara bertekanan dan gaya *actuator*

No	Tekanan Pengujian (Bar)	Gaya Aktuator Langkah Maju (detik)	Waktu Torak Bergerak Mundur (detik)
1	3 Bar	588,9	441,9
2	4 Bar	785,2	589,2
3	5 Bar	981,5	736,5

Berdasarkan pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat dilihat bahwa piston yang menerima tekanan udara atau fluida di dalam aktuator pneumatik akan mengubah tekanan tersebut menjadi suatu gaya (linier) sehingga torak dapat bergerak ke bawah atau ke atas sesuai distribusi udara yang diberikan kepada aktuator pneumatik. Besar kecilnya gaya yang dihasilkan oleh sebuah aktuator pneumatik bergantung pada jumlah tekanan udara bertekanan yang di distribusikan dan juga bergantung kepada luas permukaan torak aktuator. Sehingga dalam pengujian ini dapat dihasilkan grafik pengaruh tekanan terhadap besarnya gaya yang dihasilkan dan kemudian dapat di analisa sebagai berikut.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Tekanan Terhadap Gaya Aktuator Yang Dihasilkan

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa besarnya gaya aktuator yang dihasilkan linier dengan besarnya distribusi udara yang diberikan. Bila udara bertekanan yang dimasukkan ke dalam aktuator memiliki tekanan 1 N/m^2 , ini berarti bahwa pada setiap millimeter persegi permukaan torak akan bekerja gaya sebesar 1 N . Jika luas permukaan torak dikalikan dengan 1 N , hasilnya merupakan gaya total yang bekerja pada seluruh permukaan torak. Pada saat suplai udara pada langkah maju di tekanan 3 Bar menghasilkan gaya torak pada aktuator sebesar $588,9 \text{ N}$ dan pada langkah mundur dengan jumlah distribusi udara bertekanan yang sama yaitu 3 Bar menghasilkan nilai gaya torak sebesar $441,9 \text{ N}$. Kemudian distribusi udara dinaikkan pada tekanan udara sebesar 4 Bar , sehingga menghasilkan gaya pada langkah maju sebesar $785,2 \text{ N}$ sedangkan pada langkah mundur gaya yang dihasilkan adalah $589,2 \text{ N}$. Kemudian tekanan udara dinaikkan sebesar 5 Bar sehingga dapat menghasilkan gaya pada langkah maju sebesar $981,5 \text{ N}$ dan gaya langkah mundur sebesar $736,5 \text{ N}$.

Berdasarkan hasil ini grafik ini maka ditemukan bahwa semakin jumlah distribusi udara ditingkatkan maka besar gaya yang dihasilkan akan semakin meningkat. Pada penelitian lain ditemukan bahwa besar gaya yang terjadi pada aktuator pneumatik untuk mampu melakukan pengupasan buah nanas bergantung pada jumlah distribusi udara yang diberikan^[24], semakin besar distribusi udara yang diberikan maka semakin besar gaya yang dihasilkan^[25].

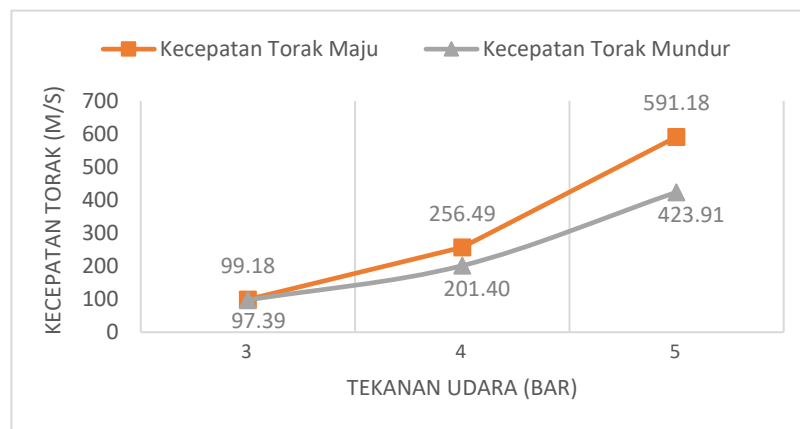
3.3. Pengaruh Jumlah Distribusi Tekanan Udara Terhadap Kecepatan Pengupasan

Untuk melihat pengaruh jumlah distribusi udara terhadap kecepatan pengupasan dapat dilihat dengan merujuk pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Distribusi udara bertekanan dan kecepatan torak *actuator*

No	Tekanan Pengujian (Bar)	Kecepatan Torak Maju (Cm/s)	Kecepatan Torak Mundur (Cm/s)
1	3 Bar	99,18	97,39
2	4 Bar	256,49	201,40
3	5 Bar	591,18	423,91

Kecepatan torak aktuator atau kecepatan silinder pneumatik adalah kecepatan dimana silinder pneumatik akan bergerak saat diberikan distribusi udara bertekanan^[26]. Tekanan dan aliran fluida atau udara bertekanan memiliki pengaruh terbesar dalam hal mendapatkan nilai kecepatan dari aktuator pneumatik^[26]. Sehingga dalam pengujian ini dapat dihasilkan grafik pengaruh distribusi tekanan udara terhadap kecepatan torak aktuator, yang kemudian dapat dianalisa sebagai berikut:

**Gambar 6.** Grafik Pengaruh Tekanan Terhadap Kecepatan Torak Aktuator

Dari grafik dapat dilihat bahwa besarnya kecepatan torak aktuator yang dihasilkan linier dengan besarnya distribusi udara yang diberikan. Pada saat pengujian dengan distribusi udara bertekanan 3 Bar maka dihasilkan kecepatan pengupasan atau kecepatan langkah maju yaitu sebesar 99,18 cm/detik dan pada langkah mundur yaitu 97,39 cm/detik. Pada pengujian dengan distribusi udara 4 Bar didapatkan kecepatan pengupasan pada langkah maju adalah 256,49 cm/detik dan pada langkah mundur kecepatannya sebesar 201,40 cm/detik. Pengujian dengan tekanan udara sebesar 5 Bar mendapatkan hasil kecepatan pengupasan pada langkah maju sebesar 591,18 cm/detik dan pada langkah mundur kecepatannya yaitu 423,91 cm/detik.

Perbandingan kecepatan saat langkah maju dan langkah mundur tidak terlalu jauh, hal ini disebabkan karena pada saat langkah maju, torak mengalami hambatan oleh gaya luar yang melawan torak (beban) itu mengapa kecepatan gerak maju pneumatik lebih lambat dari pada gerak mundurnya^[27], disini gaya yang melawan torak adalah saat pisau yang dibawa oleh batang torak melakukan pengupasan pada buah nanas. Oleh karena itu terjadi hambatan pada saat langkah maju, sedangkan pada langkah mundur torak tidak mengalami gaya hambat oleh beban dari buah nanas.

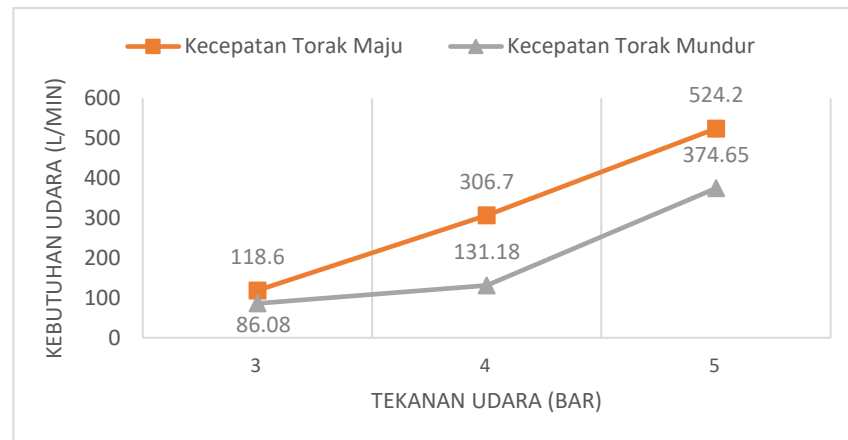
3.4. Pengaruh Distribusi Jumlah Udara Bertekanan Terhadap Udara yang diperlukan

Untuk melihat pengaruh jumlah distribusi udara bertekanan terhadap udara yang diperlukan dapat dilihat dengan merujuk pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Distribusi udara bertekanan dan kecepatan torak *actuator*

No	Tekanan Pengujian (Bar)	Kebutuhan Udara Langkah Maju (l/min)	Kebutuhan Udara Langkah Mundur (l/min)
1	3 Bar	118,6	86,08
2	4 Bar	306,7	131,18
3	5 Bar	524,2	374,65

Kebutuhan udara dihitung dengan satuan liter/menit (L/min) sesuai dengan standar kapasitas kompresor^[26]. Kebutuhan udara silinder merupakan jumlah udara yang dibutuhkan untuk silinder melakukan gerak langkah maju atau gerak langkah mundur^[28]. Aktuator pneumatik dapat melakukan pengupasan dengan memanfaatkan udara bertekanan sebagai energi penggerak torak^[18]. Sehingga kebutuhan udara bertekanan untuk mengupas buah nanas berdasarkan pengujian didapatkan suatu grafik sebagai berikut.



Gambar 7. Grafik Pengaruh Tekanan Terhadap Kebutuhan Udara Aktuator

Dari grafik dapat dilihat bahwa kebutuhan udara oleh aktuator untuk melakukan gerak maju ataupun gerak mundur semakin besar seiring dengan jumlah distribusi udara bertekanan yang menuju ke aktuator. Pada pengujian dengan menggunakan distribusi udara bertekanan 3 Bar pada langkah maju, udara yang dibutuhkan sebanyak 118,6 liter/ menit, sedangkan untuk langkah maju dengan distribusi tekanan udara yang sama membutuhkan udara bertekanan 86,08 liter/menit. Pada pengujian dengan menggunakan distribusi udara bertekanan 4 Bar pada langkah maju membutuhkan udara bertekanan 306,7 liter/menit dan langkah mundur 131,18 liter/menit. Pada pengujian dengan distribusi udara bertekanan 5 Bar udara bertekanan yang dibutuhkan adalah 524,2 liter/menit dan pada langkah mundur 374,65 liter/menit.

Kebutuhan udara bertekanan pada langkah maju atau langkah pengupasan membutuhkan udara yang lebih besar dari pada kebutuhan udara pada saat langkah mundur, hal ini dikarenakan volume ruang silinder pada langkah maju lebih besar dari pada volume

ruang silinder pada langkah mundur karena terdapat batang torak dan ruang silinder pada langkah maju tidak terdapat batang torak^[26], sehingga volume ruang silinder pada langkah mundur akan lebih kecil dari pada ruang silinder pada langkah maju^[26]. Oleh karena itulah kebutuhan udara bertekanan yang memenuhi ruang silinder langkah maju lebih banyak.

3.5. Analisa Penggunaan Sistem Aktuator Pneumatik Terhadap Kinerja Mesin Pengupas Buah Nanas

3.5.1. Kapasitas aktual

Jika kapasitas aktual dihitung dengan rumus $K_p = K_t/t$. Maka kapasitas aktualnya adalah:

- Waktu yang dibutuhkan dalam satu kali langkah kerja (pengupasan) dengan aktuator pneumatik untuk distribusi udara bertekanan 3 bar.
 - Waktu langkah turun rata-rata: 1,18 detik
 - Waktu langkah naik rata-rata: 1,22 detik
 - Waktu untuk mengambil, memotong dan meletakkan nanas pada posisi pengupasan: 10 detik
 - Waktu istirahat: 10 detik.

Jadi total waktu keseluruhan yang dibutuhkan untuk mengupas satu buah nanas yaitu waktu = 1,18 detik + 1,22 detik + 10 detik + 10 detik = 22,4 detik.

- Waktu yang dibutuhkan dalam pengupasan buah nanas dengan cara manual (menggunakan pisau dapur) membutuhkan waktu:
 - Waktu untuk mengambil, membersihkan mahkota buah nanas: 10 detik
 - Waktu rata-rata saat mengupas kulit buah nanas :58,73 detik
 - waktu istirahat: 10 detik

Jadi waktu keseluruhan yang dibutuhkan untuk mengupas satu buah nanas dengan cara manual yaitu, Waktu = 10 detik +58,73 detik +10 detik = 78,73 detik = 1,31 menit. Maka dapat dihitung kapasitas aktual dari pengupasan, yaitu:

- Dengan sistem aktuator pneumatik 3 Bar:

$$K_p = \frac{K_t}{t}$$

$$= \frac{1 \text{ buah}}{22,4 \text{ detik}} \times 3600 \frac{\text{detik}}{\text{jam}} = 160 \text{ buah/jam}$$

- Dengan sistem aktuator pneumatik 4 Bar:

$$K_p = \frac{K_t}{t}$$

$$= \frac{1 \text{ buah}}{21,16 \text{ detik}} \times 3600 \frac{\text{detik}}{\text{jam}} = 170 \text{ buah/jam}$$

- Dengan sistem aktuator pneumatik 5 Bar:

$$K_p = \frac{K_t}{t}$$

$$= \frac{1 \text{ buah}}{20,8 \text{ detik}} \times 3600 \frac{\text{detik}}{\text{jam}} = 173 \text{ buah/jam}$$

Sedangkan jika mengupas nanas dengan cara manual didapatkan hasil:

- Cara manual:

$$K_p = \frac{K_t}{t}$$

$$= \frac{1 \text{ buah}}{78,73 \text{ detik}} \times 3600 \frac{\text{detik}}{\text{jam}} = 45 \text{ buah/jam}$$

3.5.2. Konsumsi Udara Bertekanan

Pada kapasitas aktual pengupasan, untuk mengupas satu buah nanas membutuhkan 2 langkah torak aktuator bergerak, yaitu langkah maju atau langkah pengupasan dan langkah mundur.

Tabel 5. Konsumsi Udara Bertekanan

Tekanan Pengujian (Bar)	Kebutuhan Udara Langkah Maju (l/min)	Kebutuhan Udara Langkah Mundur (l/min)	Kapasitas Aktual Pengupasan (Buah/Jam)	Total Udara yang dikonsumsi (l/min)
3	118,6	86,08	160	32748,8
4	306,7	131,18	170	74434,5
5	524,2	374,65	173	155501,05

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa konsumsi udara bertekanan untuk melakukan pengupasan dengan kapasitas pengupasan tertentu akan memerlukan udara bertekanan yang lebih banyak, karena untuk satu kali pengupasan aktuator membutuhkan konsumsi udara langkah maju dan langkah mundur.

3.6. Efisiensi Pengupasan (E_f)

Tabel 6. Data Berat Sampel Nanas

No	Sampel	Berat (Kg)	Berat Setelah Pengupas (Kg)
1	A	1,345	1,345
2	B	1,325	1,325
3	C	1,220	0,91
4	D	1,211	0,62
5	E	1,155	0,85
6	F	1,345	1,00
7	G	1,223	0,91
8	H	1,324	0,99
9	I	1,345	1,20
10	J	1,322	1,01

Efisiensi pengupasan (E_f) diperoleh dengan cara membandingkan nanas yang terkupas, yang dilambangkan dengan K_t dalam satuan kg dengan nanas sebelum di kupas yang dilambangkan dengan B_a dalam satuan kg. Berikut merupakan persamaan yang menunjukkan efisiensi pengupasan:

$$E_f = \frac{K_t}{B_a} \times 100\%$$

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan efisiensi pengupasan nanas dengan metode sistem manual adalah 82,8%, sedangkan dengan menggunakan sistem aktuator pneumatik

adalah sebesar 70,6 %. Berdasarkan pengamatan, faktor yang menentukan efisiensi pengupasan dengan metode sistem aktuator pneumatik adalah ukuran pisau dan gaya dari aktuator pneumatik. Besarnya distribusi tekanan udara yang diberikan linier dengan besarnya gaya yang dihasilkan oleh aktuator pneumatik. Dan tentunya kecepatan dari aktuator pneumatik juga akan mempengaruhi sehingga dapat mengupas nanas dengan baik dan tidak hancur.

3.7. Kapasitas Penyimpanan Energi Listrik Arus DC yang Dibutuhkan oleh Sistem Aktuator Pneumatik Bertenaga Surya

3.7.1. Perhitungan daya kompresor

Perhitungan ini digunakan untuk mencari daya kompresor yang digunakan pada sistem pneumatik.

Diketahui:

- Kebutuhan udara terkompresi = $118,6 \frac{\text{liter}}{\text{menit}} = 0,001976 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Tekanan pengukuran = $3\text{bar} = 30 \text{ N/cm}^2 \times 10000 \text{ cm}^2/\text{m}^2$
- Efisiensi kerja = 95%

Maka daya kompresor dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{\text{output}} &= Q_v \times P_e \\ &= 0,001976 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} \times 300000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \\ &= 561 \frac{\text{Nm}}{\text{detik}} \\ &= 561\text{Watt} \\ P_{\text{motor}} &= \frac{P_{\text{output}}}{\eta} \\ &= \frac{561\text{Watt}}{0,95} \\ &= 590\text{Watt} \approx 600\text{Watt} \end{aligned}$$

3.7.2. Menentukan kebutuhan daya listrik

Dengan menghitung besarnya daya yang dibutuhkan oleh kompresor yang akan disuplai oleh PV sistem, penggunaan PV sistem (waktu/hari (jam)^[23], dalam penelitian ini pengujian dilakukan dalam waktu 1 jam/hari. Maka hasil dari perhitungan ini menghasilkan daya dalam satuan watt jam perhari. Sehingga:

Beban Pemakaian = (jumlah beban × daya beban) × lama pemakaian × beban (waktu)

Maka, beban pemakaian = (1 x 600 Watt) x 1 Jam = 600 Wh

3.7.3. Kapasitas baterai

Kapasitas baterai adalah kemampuan baterai dalam penyimpanan energi listrik yang berasal dari panel surya yang akan digunakan sebagai penyuplai energi listrik untuk beban kompresor^{[18][23]}. Penentuan kapasitas baterai mengikuti ukuran baterai yang digunakan pada saat pengujian yaitu sebesar 80 Ah 12V.^[18] Beban pemakaian adalah sebesar 600Wh^[18] konsumsi energi listrik diberi toleransi sebesar 35%^[29] untuk listrik yang digunakan oleh

perkakas lain seperti inverter, *controller*, dan perkakas lainnya yang digunakan^{[18][23][29]}. Maka total energi listrik menjadi:

$$W = 600Wh + (600 \times 35\%) = 810Wh$$

Kapasitas baterai yang digunakan sebesar:

$$\begin{aligned} &= \frac{W}{V \text{ baterai}} \\ &= \frac{810Wh}{12 V} \\ &= 67,5Ah \end{aligned}$$

Jadi, untuk kapasitas total baterai yang dibutuhkan yakni dapat menggunakan baterai dengan ukuran sebesar 80Ah12V, dengan jumlah baterai yang diperlukan:

$$\begin{aligned} &= \frac{67,5Ah}{80Ah} \\ &= 0,84 \text{ baterai (pembulatan 1 baterai)} \end{aligned}$$

Satu buah baterai akan menghasilkan energi listrik sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= 80Ah \times 12 V \times 1 \\ &= 960Wh \end{aligned}$$

3.7.4. Penentuan kapasitas modul surya

Modul surya yang digunakan dalam penelitian ini adalah modul surya dengan ukuran daya yang dapat dibangkitkan sebesar 200Wp^[23]. Penelitian untuk menentukan kapasitas modul surya dilakukan selama 7 jam^{[18][23]}. Adapun kapasitas baterai yang dapat dibangkitkan oleh satu modul surya sebesar 200Wp yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas panel} &= P \times \text{lama pencahayaan} \\ &= 189,66 \times 7 \\ &= 1327,66Wh \end{aligned}$$

Jumlah modul surya yang dibutuhkan ditentukan dengan melakukan perhitungan antara total energi listrik yang dapat disuplai dengan 1 baterai dibagi dengan kapasitas total panel^{[18][23]}, sehingga ditemukan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah panel} &= \frac{W}{\text{kapasitas panel}} \\ &= \frac{810Wh}{1327,66Wh} \\ &= 0,61 \text{ modul surya} \\ &\quad \text{(pembulatan 1 modul)} \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Mesin dengan sistem aktuator pneumatik bertenaga surya dapat mengupas nanas dengan tekanan minimal 3 Bar didapatkan pemotongan untuk buah nanas sebanyak 160 buah/jam, 4 Bar sebanyak 170 buah/jam, dan 5 bar sebanyak 173 buah/jam dan dengan cara manual hanya didapatkan sebanyak 45 buah/jam. Efisiensi pengupasan nanas dengan cara manual adalah 82,8%, sedangkan menggunakan sistem aktuator pneumatik sebesar 70,6 %

Berdasarkan hasil eksperimen, tekanan udara 3, 4 dan 5 Bar dipilih karena karena apabila kurang dari 3 bar pisau silinder bertenagakan aktuator pneumatik tidak dapat memotong nanas secara keseluruhan, kondisi pisau silinder pada tekanan kurang dari 3 Bar hanya mampu memotong seperempat dari buah nanas. Dan apabila tekanan udara lebih dari 5 Bar, maka nanas akan hancur. Maka tekanan udara terbaik yang dapat digunakan aktuator pneumatik untuk memotong buah nanas berjenis bogor secara sempurna menggunakan pisau silinder adalah 3,4, dan 5 Bar. Tidak disarankan menggunakan distribusi tekanan udara aktuator pneumatik kurang atau lebih dari pada tekanan udara yang telah diajukan oleh penulis.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Efisiensi pengupasan (E_f) dengan sistem manual tetap lebih baik dari pada menggunakan sistem aktuator pneumatik. hal ini terlihat dari persentase efisiensi yang dihasilkan untuk sistem manual sebesar 82,8% dan dengan sistem aktuator pneumatik sebesar 70,6%. Penyebab terjadinya hal ini adalah pisau silinder bertenagakan aktuator pneumatik hanya dapat mengupas sesuai dengan bentuk pisau tanpa bisa mengukur ketebalan lapisan kulit dan daging, maka dari itu saat pengupasan berlangsung masih banyak daging pada buah nanas yang terkupas bersamaan dengan kulitnya. Oleh karena itu pada penelitian selanjutnya bentuk pisau serta sistem yang dapat menyesuaikan pemotongan dengan ukuran buah nanas serta kulitnya sangat diperlukan. Kapasitas penyimpanan energi listrik arus DC yang dibutuhkan pada sistem penggerak aktuator pneumatik adalah baterai dengan kapasitas sebesar 80 Ah 12 V yang disuplai oleh energi listrik yang berasal dari panel surya berukuran 200 WP. Panel surya dengan ukuran ini sudah cukup untuk membekali sistem aktuator pneumatik dalam melakukan pengupasan dengan kapasitas pengupasan selama 1 jam/hari.

PERNYATAAN TERIMA KASIH

Melalui pernyataan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (DPPM) Universitas Islam Riau yang telah mendanai keberlangsungan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sjaf and L. M. Kolopaking, "Strategi Pengembangan Pertanian Hortikultura Buah Nanas Berbasis Pemberdayaan Pemuda Desa," *Sodality J. Sociol. Pedesaan*, vol. 8, no. 3, pp. 110–130, 2020.
- [2] L. A. Prayudi, "Analysis of Farm in Pineapple (Ananas Comulus (L). Merr) in Sempu Village, District Ngancar, Kediri," *JARES (Journal Acad. Res. Sci.)*, vol. 2, no. 2, pp. 10–18, 2018, doi: 10.35457/jares.v2i2.401.
- [3] C. Wijaya, M. R. Suhartanto, P. Studi, and D. Agronomi, "Pengemasan Bibit Nanas (Ananas Comosus (L) Merr.) Hasil Kultur Jaringan untuk Mempertahankan Mutu Selama Transportasi," *Bul. Agrohorti*, vol. 11, no. 1, pp. 59–68, 2023.
- [4] R. M. Iswand, N. Asyik, D. Herdhiansyah, M. S. Sadimantara, and H. Sudarmo, "Pelatihan Pengolahan dan Pengemasan Selai Nanas kepada Ibu-Ibu Dasa Wisma Kelurahan Mokoau Kota Kendari - Sulawesi Tenggara," *Pros. Semin. Nas. Pengabdi. Kpd. Masy.* 2022, vol. 19, no. 1, pp. 122–132, 2023, doi: 10.21009/sarwahita.19k.4.
- [5] I. Putra Andika, *Strategi Pemasaran Nenas di Desa Rimbo Panjang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar.* 2022.
- [6] S. Fanny, N. I. Pawana, and Sudiyarto, *Semin. Nas. Pembang. Pertan. II*, vol. 1, no. 1, pp. 74–78, 2017.

- [7] M. Asim et al., “A review on pineapple leaves fibre and its composites,” *Int. J. Polym. Sci.*, vol. 2015, 2015, doi: 10.1155/2015/950567.
- [8] A. F. A. Hamzah et al., “Recent Updates on the Conversion of Pineapple Waste (*Ananas comosus*) to Value-Added Products, Future Perspectives and Challenges,” *Agronomy*, vol. 6, no. 3, p. 1630, 2021.
- [9] S. N. Shabrina, M. L. Rayes, and C. Agustina, “Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Nanas Di Das Mikro Supituring Kecamatan Plosoklaten Kabupaten Kediri Jawa Timur,” *J. Tanah dan Sumberd. Lahan*, vol. 8, no. 2, pp. 515–525, 2021, doi: 10.21776/ub.jtsl.2021.008.2.22.
- [10] N. Winahyu, N. Maharani, N. Helilusiatiningsih, V. N. Choirina, and S. D. Angesti, “Perencanaan Bisnis Produk Olahan Berbasis Komoditas Nanas di Kabupaten Kediri,” *J. Pertan. Cemara*, vol. 19, no. 1, pp. 65–76, 2022, doi: 10.24929/fp.v19i1.1983.
- [11] Mansur and Nurdiana, “Rancang Ulang Mesin Pengupas Nanas Dengan Menggunakan Engkol Penekan Kapasitas 200 Buah / Jam,” *J. Ilm. Tek. Mesin ITM*, vol. 6, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [12] S. Kurniadi, R. Arizona, and S. A. Saragih, “Pengaruh Penambahan Peralatan Pendukung Pada *Solar Cell* Terhadap Kinerja *Solar Cell*,” *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–12, 2022.
- [13] R. E. Putri, D. I. Maulana, and A. Hasan, “Pengembangan Alat Pengupas Kulit Nanas (*Ananas comosus*) Semi Mekanis,” *J. Keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist.*, vol. 9, no. 2, pp. 183–193, 2021, doi: 10.21776/ub.jkptb.2021.009.02.09.
- [14] I. Keselamatan et al., “Implementasi keselamatan dan kesehatan kerja (k3) pada proyek di kota bitung,” *J. Sipil Statik*, vol. 2, no. 3, pp. 124–130, 2014.
- [15] G. M. Sani, E. D. Priyana, and A. W. Rizqi, “Identifikasi Dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Metode JSA (*Job Safety Analysis*) Di Bengkel Pemesinan Smk Nurul Islam Gresik,” *SITEKIN J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 20, no. 1, pp. 300–307, 2022, [Online].
Available: <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/sitekin/article/view/20001>
- [16] A. A. Illah, *Rancang Bangun Pengupas Nanas Pada Mesin Pembuat Selai Nanas Kapasitas 2,5 Kg/Jam*, vol. 1. 2023.
- [17] I. Fahrizal, B. Ningsih, E. Parhadi, and L. D. Anjiu, “Pembuatan Alat Pengupas Nanas Sistem Press,” vol. 1, no. 1, pp. 17–21, 2023.
- [18] R. Arizona and S. Kurniadi, “Studi Kinerja Pemanfaatan Modul Surya Pada Mesin Pemotong Nanas Berbasis Aktuator Pneumatik,” *J. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 3, pp. 158–167, 2021, [Online].
Available: <https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/jtm/issue/view/645>
- [19] A. Dzulqornaini and P. Adiwibowo, “Rancang Bangun Mesin Pengupas Kulit Nanas Semi Otomatis,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 02, p. 6, 2015.
- [20] P. G. A. L. Siriwardhana and D. C. Wijewardane, “*Machine for the Pineapple Peeling Process*,” *Eng. Technol. Open Univ. Sri Lanka*, vol. 6, no. 1, pp. 1–15, 2018.
- [21] M. U. M. Krishna Prakasha, Vinay B U Shivakumar, “*Automated Pineapple Peeling and Slicing Machine*,” *Int. J. Curr. Eng. Sci. Res.*, vol. 4, no. 4, pp. 12–15, 2017, [Online]. Available: <http://troindia.in/journal/ijcesr/vol4iss4/12-15.pdf>
- [22] H. Rahman and Sunarto, “Rancang Bangun Mesin Pengupas Kulit Buah Aren Menggunakan Motor Listrik Sebagai Tenaga Penggerak,” *Inovtek seri mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 39–44, 2020, [Online].

Available: <http://repository.ummat.ac.id/id/eprint/1283>

- [23] W. Yenanta and S. Khalis Utama, "Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Penggerak Energi Listrik pada Mesin Pengupas Nanas," *Sinergi Polmed J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 04, no. 02, pp. 87–94, 2023, [Online]. Available: <http://ojs.polmed.ac.id/index.php/Sinergi/index>
- [24] S. Madhankumar, H. Suryakumar, R. Sabarish, M. Suresh, and A. Ummer Farook, "Fabrication of Pineapple Peeling Machine Using Pneumatic Solenoid Valve," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1059, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1059/1/012038.
- [25] I. Eka Putra and B. Hendra, "Perancangan Dan Pembuatan Alat Pemotong Serat Nanas Menggunakan Sistem Pneumatik," *J. Teknol. dan Vokasi*, vol. 1, no. 1, pp. 75–80, 2023, doi: 10.21063/jtv.2023.1.1.11.
- [26] Sudaryono, *Pneumatik dan Hidrolik*, no. 1. 2013.
- [27] I. Taufik, N. Hidayah, R. W. Idayanti, T. P. Rahayu, and C. Fatikhin, "Konfigurasi Mesin Press Permen Ternak Otomatis Berbasis Sistem Pneumatik Dengan Tiga Aktuator Double Acting Cylinder," *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: 10.20527/sjmekinematika.v7i1.208.
- [28] J. V. Tuapetel and R. Narwalutama, "Perencanaan Sistem Pneumatik Sebagai Penggerak pada Pintu Gerbong Kereta," *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.*, vol. 6, no. 3, pp. 244–253, 2022, doi: 10.30998/string.v6i3.10536.
- [29] R. Adi Rezkyanto, "Penentuan Kapasitas Sel Surya Dan Baterai Terhadap Karakteristik Beban Listrik," 2019. [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/76950>