

Kajian Teoritis Pembuatan Instalasi Elektrohidrolik Menggunakan Metode Cascade pada Mesin Kupas Serabut Kelapa

¹⁾ Azmain Noor Hatuwe

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon

noor.azmain@gmail.com

Abstrak

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon telah membuat mesin pengupas serabut buah kelapa. Mesin ini memiliki 4 buah pisau pengungkit yang berfungsi ketika tertancap pada serabut kelapa akan melakukan gerak berlawanan, sehingga dapat merobek serabut kelapa. Pada proses pengoperasiannya mesin ini masih menggunakan tenaga manusia, tentunya tenaga manusia memiliki keterbatasan, jika mengupas serabut buah kelapa dalam skala besar. Oleh karenanya mesin pengupas kelapa, perlu digerakan secara otomatis menggunakan tenaga hidrolik agar proses kerjanya tidak tergantung pada tenaga manusia.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kajian teoritis, dimana data yang diperoleh dari lapangan diolah dengan menggunakan referensi dan perangkat yang menunjang menyusun instalasi elektrohidrolik. Software Fluidsim dibutuhkan untuk menguji gerak instalasi elektrohidrolik sesuai dengan notasi singkat A+ B+ B- A-. Mekanisme kerja instalasi elektrohidrolik dalam mengontrol gerak selinder hidrolik ditampilkan langkah per langkah dalam bentuk diagram hidrolik dan diagram elektro.

Dari hasil pengujian diperoleh informasi bahwa mesin kupas kelapa menggunakan 2 buah selinder sebagai tenaga penggerak sistem mekanik pisau pengupas serabut kelapa. Prinsip kerja Instalasi elektrohidrolik sesuai metode cascade, pada bagian instalasi kontrol signal; relay k1 dan k2 menyala bergantian secara berurutan, dan pada bagian instalasi kontrol daya, saklar relay akan menyalakan solenoid y1, y2, y3 dan y4 secara berurutan sesuai dengan notasi singkat.

Kata Kunci: Elektrohidrolik, Metode Cascade, Mesin Kupas Serabut Kelapa

Abstrac

The Department of Mechanical Engineering, Ambon State Polytechnic has made a machine for peeling coconut fiber. This machine has 4 pry blades which function, when stuck in the coconut fiber, they will make opposite movements, so they can tear the coconut fiber. In the operating process, this machine still uses human power, of course human power has limitations when peeling coconut fiber on a large scale. Therefore, the coconut peeling machine needs to be driven automatically using hydraulic power so that the work process does not depend on human power.

The method used in this research is a theoretical study, where data obtained from the field is processed using references and devices that support the construction of electrohydraulic installations. Fluidsim software is needed to test the movement of electrohydraulic installations according to short notation A+ B+ B- A-. The working mechanism of an electrohydraulic installation in controlling the movement of a hydraulic cylinder is shown step by step in the form of a hydraulic diagram and an electro diagram.

From the test results, information was obtained that the coconut peeling machine uses 2 cylinders as the driving force for the mechanical system of coconut fiber peeling knives. Working principle of electrohydraulic installation according to the cascade method, in the signal control installation section; relays k1 and k2 turn on alternately in sequence, and in the power control installation section, the relay switch will turn on the solenoids y1, y2, y3 and y4 sequentially according to the short notation.

Keywords: Electrohydraulics, Cascade Method, Coconut Fiber Peeling Machine

1. PENDAHULUAN

Mengupas kulit (serabut) kelapa dari tempurungnya dilingkungan masyarakat umumnya menggunakan parang, dan buah kelapa yang dapat dikupas beberapa buah saja, untuk keperluan memasak atau lainnya. Pada industri buah kelapa dijadikan diolah menjadi kopra, maka buah kelapa yang akan dikupas dalam jumlah yang banyak. Parang tidak bisa diandalkan untuk mengupas buah kelapa yang banyak, alternative alat lain yang digunakan adalah batang linggis dengan ujung yang runcing atau bilah besi. Linggis ditancapkan ketanah dengan sisi runcing mengarah ke atas. Pada proses pengupasan, dibagian sisi bawah buah kelapa ditancap keujung linggis sehingga menembus kulit kelapa mengenai batok kelapa, dengan tenaga menekan ke bawah maka sebagian kulit kelapa akan terkupas. Dan selanjutnya perbagian kulit kelapa akan dapat dikupas sesuai arah pengupasan kulit kelapa yang pertama. Menggunakan linggis buah kelapa lebih cepat dikupas dari pada menggunakan parang. Persoalannya linggis adalah benda runcing, telah terjadi kecelakaan ujung linggis ini melukai orang yang mengupas buah kelapa. Sehingga perlu dicarikan solusi alat pengupas buah kelapa yang aman. Oleh karenanya berbagai industri telah membuat mesin pengupas kelapa, diantaranya mesin pengupas serabut kelapa yang dibuat oleh Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon.

Mesin ini memiliki 4 buah pisau pengungkit yang fungsinya, ketika tertancap pada serabut kelapa akan bergerak berlawanan, sehingga dapat merobek serabut kelapa. Pada proses pengoperasiannya mesin ini masih menggunakan tenaga manusia, tentunya tenaga manusia memiliki keterbatasan jika mengoperasikan mesin untuk mengupas serabut kelapa untuk skala besar. Oleh karenanya mesin pengupas kelapa perlu digerakan menggunakan tenaga hidrolik dan digerakan secara otomatis. Penggunaan tenaga hidrolik ini dapat memudahkan proses pengupasan kelapa dan gerakan pengupasan kelapa dapat dilakukan secara otomatis.

Beberapa metode mengatur gerakan selinder hidrolik secara otomatisasi dapat menggunakan Metode Intuitif, metode cascade, atau metode elektrohidrolik, namun pada penelitian ini menggunakan metode elektrohidrolik. Alat kupas kelapa yang dapat bergerak otomatis mengupas kulit kelapa adalah harapan yang hendak diwujudkan pada penelitian ini. Yang juga merupakan inovasi teknologi tepat guna, yang aman untuk dioperasikan. Sehingga kecelakaan kerja pada proses mengupas kulit kelapa menggunakan linggis atau bilah besi runcing lainnya dapat dihindari.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Buah Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan salah satu anggota tanaman palma yang paling dikenal dan banyak tersebar di daerah tropis. Tinggi pohon kelapa dapat mencapai 10 - 14 meter lebih, daunnya berpelepah dengan panjang dapat mencapai 3 - 4 meter lebih dengan sirip-sirip lidi yang menopang tiap helaian. Tanaman ini dimanfaatkan hampir semua bagiannya oleh manusia sehingga dianggap sebagai tumbuhan serbaguna, terutama bagi masyarakat pesisir. Tanaman ini diperkirakan berasal dari pesisir Samudera Hindia di sisi Asia, namun kini telah menyebar luas di seluruh pantai tropika dunia. Kelapa merupakan tanaman tropis yang telah lama dikenal masyarakat Indonesia.

Tanaman kelapa terdiri atas banyak jenis, karena pada umumnya dihasilkan dari penyerbukan silang dan sudah sejak lama diusahakan oleh manusia. Penggolongan kelapa pada umumnya didasarkan pada perbedaan umur pohon, warna buah, ukuran buah, dan beberapa sifat khusus lainnya. Karakter umur pertama tanaman yang dipanen berupa nira diketahui terdapat perbedaan, umur tanaman dan termuda di Petanahan (5,28 tahun). Nilai ragam karakter umur pertama tanaman dipanen nira yang turut dipengaruhi oleh ketinggian tempat dan pengelolaan tanaman. Dan menurut umur mulai berbuahnya kelapa digolongkan menjadi 2 (dua) jenis sebagai berikut:



Gambar 1 mengupas kulit buah kelapa menggunakan linggis
(sumber: Jenly dan Johanis, 2016)

2.2. Sistem Hidrolik.

Hidrolik merupakan ilmu yang mempelajari pemakaian fluida bertekanan dibidang teknik. Fluida yang diberi tekanan merupakan upaya mengendalikn aktuator baik berupa silinder maupun motor hidrolik, agar dapat bekerja sebagaimana yang diharapkan.

Masukan (*input*) diperoleh dari katup sinyal, selanjutnya diproses melalui katup pemroses sinyal kemudian ke katup kendali sinyal. Bagian kontrol akan mengatur gerakan aktuator (*output*) agar sesuai dengan kebutuhan. Sistim kontrol hidrolik merupakan bagian pokok sistim pengendalian yang menjadikan sistem hidrolik dapat bekerja secara otomatis.

Adanya sistim kontrol hidrolik ini akan mengatur hasil kerja baik gerakan, kecepatan, urutan gerak, arah gerakan maupun kekuatannya. Dengan sistim kontrol hidrolik ini sistem hidrolik dapat didesain untuk berbagai tujuan otomatis dalam suatu mesin industri.

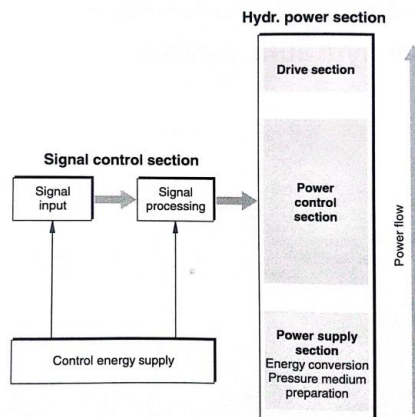
Bentuk-bentuk dari sistim kontrol hidrolik ini berupa katup (*valve*) yang bermacam-macam. Menurut fungsinya katup-katup tersebut dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu:

- a) Katup Sinyal (*sensor*)
- b) Katup pemroses sinyal (*processor*), dan
- c) Katup pengendalian.

Katup-katup tersebut akan mengendalikan gerakan aktuator agar menghasilkan sistim gerakan mekanik yang sesuai dengan kebutuhan.

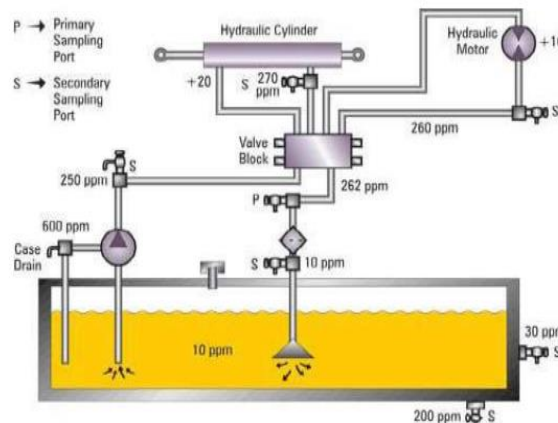
2.3. Elemen Sistim Hidrolik

Sistem hidrolik terbagi dua bagian, yakni bagian kontrol signal dan bagian daya hidrolik, sebagaimana diperlihatkan pada gambar dibawah ini (Merkle dkk, 1998):



Gambar 2. Skema alir kontrol hidrolik

Secara sederhana susunan komponen hidrolik seperti diperlihatkan pada gambar dibawah ini (purwantono dan Zainal Abidi, 2019):



Gambar 3. Elemen Sistem Hidrolik

2.4. Katup-katup Hidrolik

Katup berfungsi untuk mengatur atau mengendalikan arah fluida ke mana yang akan bekerja menggerakkan aktuator.

Output yang dihasilkan oleh katup control *signal* akan diproses melalui katup pemroses sinyal (*prosesor*). Sebagai pengolah *input* dari katup *signal* maka hasil pengolahan sinyal akan dikirim ke katup kendali yang akan diteruskan ke aktuator agar dapat menghasilkan gerakan yang sesuai dengan harapan.

Katup pemroses *signal* terdiri dari beberapa jenis, antara lain katup dua tekan (AND), katup satu tekan (OR), katup NOT, katup pengatur aliran fluida (cekik) satu arah, katup pembatas tekanan, dan lain-lain.

symbol-simbol komponen hidrolik lainnya diberikan pada table 1 berikut ini :

Tabel 1. Lambang dan Simbol Hidrolik

(Sumber: https://mochsafarudin.files.wordpress.com/2020/05/mekatronika_kuliah10.pdf)





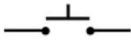

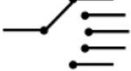

2.5. Komponen elektrik

Komponen elektrik yang dibutuhkan untuk membuat kontrol elektrohidrolik antara lain:

1. Saklar (Switch)

Saklar terdapat dua macam yaitu saklar posisi terbuka (NO) dan saklar posisi tertutup (NC). Saklar NO memiliki karakteristik jika ditekan akan menyalurkan aliran listrik, dan sebaliknya saklar NC jika ditekan akan memutuskan aliran listrik.

Tabel 2. Jenis Saklar

Push Button Switch	Toggle Switch	Selector Switch	Limit Switch
			
			





















(Sumber: Dickson Kho, 2022)

2. Relay

Saklar dapat dioperasikan secara manual seperti menggunakan tombol, tuas, pedal, roler dan lainnya. Dapat pula digerakan menggunakan aliran listrik, dengan cara merubah aliran listrik menjadi medan magnet sehingga dapat mengoperasikan posisi saklar, alat disebut relay. Relay sangat bermanfaat dalam membuat kontrol elektrik, seperti halnya dalam pembuatan instalasi elektrohidrolik. Dengan adanya relay rangkain elektrik dapat dibuat pada tingkat sederhana hingga rumit.

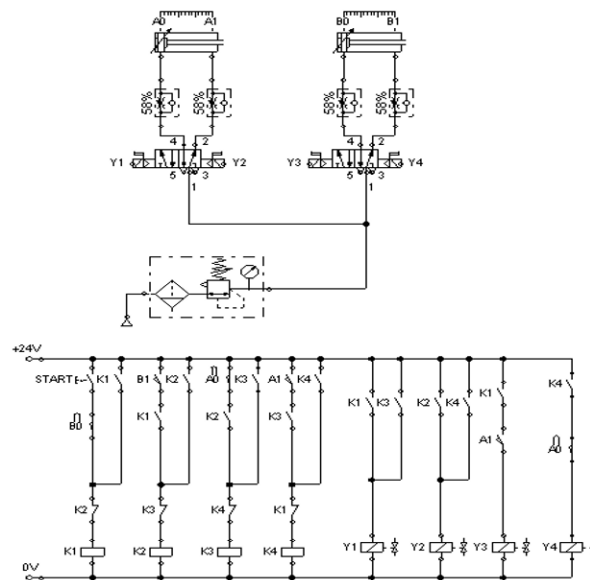
Pemilihan saklar, relay dan komponen listrik teknologi elektrohidrolik dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut Waller, (1996).

Tabel 3. Komponen Listrik

 Hydraulic m...	 Flow meter	 Analog pres...	 Valve sole...
 Electrical co...	 Electrical co...	 Buzzer	 Indicator light
 Make switch	 Break switch	 Changeover...	 Relay
 Detent swit...	 Detent swit...	 Detent swit...	 Relay with ...
 Pushbutton ...	 Pushbutton ...	 Pushbutton ...	 Relay with ...

2.6. Peneliti Terdahulu

Konfigurasi saklar, relay dan aktuator dalam bentuk susunan elektropneumatik menggunakan metode cascade telah dilakukan oleh Azmain, 2014. Dalam penelitiannya komponen elektrik disusun dalam suatu kontrol signal dalam mengatur aliran fluida dari power supply untuk menggerak sesuai notasi singkat terhadap 2 buah selinder, seperti diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Instalasi eletropneumatik

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kajian teoritis, dimana data yang diperoleh dari lapangan diolah dengan menggunakan referensi dan perangkat yang menunjang menyusun instalasi elektrohidrolik. Software Fluidsim dibutuhkan untuk menguji gerak instalasi elektrohidrolik sesuai dengan notasi singkat A+ B+ B- A-. Mekanisme kerja instalasi elektrohidrolik dalam mengontrol gerak selinder hidrolik ditampilkan langkah per langkah dalam bentuk diagram hidrolik dan diagram elektro.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Cara mengupas serabut buah kelapa agar mudah terlepas adalah mengikuti arah serat serabut. Pengupasan dilakukan dimulai dari arah pangkal buah ke ujung buah kelapa, cara ini serabut mudah terlepas dari tempurung kelapa. Untuk mengupas serabut buah kelapa dapat menggunakan parang, tetapi jumlahnya banyak dapat menggunakan linggis. Cara mengupas memakai alat ini menguras tenaga manusia, untuk itu Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon, telah membuat mesin kupas kelapa. Hanya saja pada proses mengupas serabut buah kelapa pada mesin ini masih menggunakan tenaga manusia. Mesin yang dimaksud seperti diperlihatkan gambar dibawah ini.



Gambar 5. Mesin Kupas Serabut Buah Kelapa

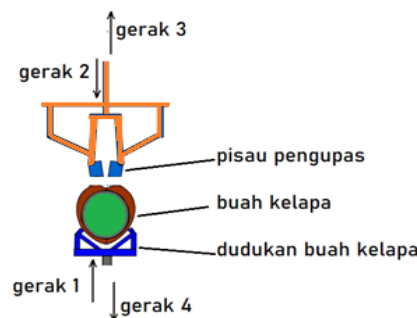
Gerakan mesin ini dalam melakukan proses mengupas serabut kelapa, direncanakan berlangsung secara otomatis menggunakan teknologi elektrohidrolik. Untuk menghasilkan instalasi elektrohidrolik sesuai gerak mesin tersebut diuraikan dalam kajian teoritis berikut ini.

4.1.1. Analisa Gerak Mekanik

Analisa terhadap gerak mesin pada saat melakukan proses pengupasan perlu ditetapkan, gerak dari mesin tersebut sebagai dasar pembuatan sistem kontrol gerak otomatisasi yang dilakukan oleh selinder hidrolik.

Diawali dengan gerakan dari landasan buah yang bergerak naik keatas mengantar buah kelapa hingga bagian mengenai pisau, gerakan selanjutnya pisau bergerak sejauh 1,5 cm ke bawah, hingga mata pisau tertanam pada bagian atas buah kelapa. Kemudian lengan mata pisau melakukan gerakan membuka dengan jangkauan lebih besar dari ukuran luar buah kelapa. Pada posisi ini selanjutnya adalah gerakan bersamaan dari landasan buah yang bergerak ke atas, dan gerakan membuka lebih besar dari lengan pisau. Gerakan selanjutnya lengan pisau dan landasan buah kembali pada posisi semula.

Dari uraian analisa gerak ini dapat dibuat dalam diagram vector arah gerak sebagai berikut,



Keterangan:

Gerak 1: Pondasi buah bergerak ke atas

Gerak 2: Pisau turun mengupas kulit kelapa

Gerak 3: Pisau bergerak ke atas ke posisi semula

Gerak 4: Pondasi buah bergerak ke bawah

Gambar 6. Rencana gerak mekanisme selinder hidrolik mengupas buah kelapa

Dari gambar 6. dapat dijelaskan proses pengupas buah kelapa, dimulai dengan penggerakkan pondasi buah bergerak ke atas membawa buah kelapa pada posisi tertentu, gerak selanjutnya pisau pengupas bergerak turun, hingga mengupas kulit kelapa, gerak selanjutnya pondasi buah bergerak turun dan gerak terakhir pisau bergerak naik ke atas ke posisi semula.

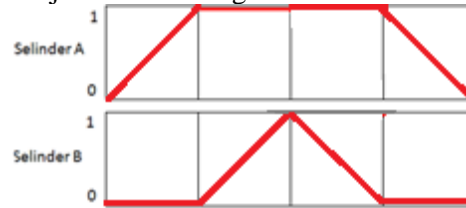
Mekanik dari mesin kupas kelapa dapat digerakan dengan menggunakan selinder hidrolik sebanyak 2 buah, untuk menggerakkan lengan pisau dan landasan buah sebagai berikut:

4.1.2. Proses pembuatan instalasi gerak otomatisasi selinder

Gerak mekanik dari komponen mesin melakukan proses pengupasan kulit kelapa dapat digantikan dengan gerak selinder. Dari gambar 6. dapat ditentukan jumlah selinder sebanyak 2 buah dan urutan gerak selinder adalah sebagai berikut:

a. Diagram langkah selinder

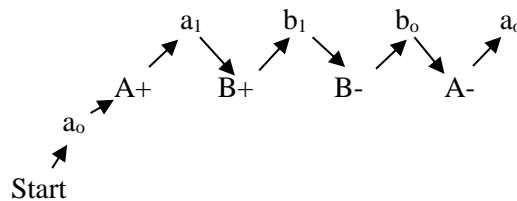
Gerak maju dan mundur selinder dalam melakukan langkah kerja dapat dinyatakan dalam bentuk diagram langkah kerja selinder sebagai berikut:



Gambar 7. Diagram langkah kerja selinder

b. Pendefinisian langkah kerja

Pendefinisian langkah kerja dibutuhkan untuk memberikan penjelasan urutan gerak selinder serta aliran signal yang melalui katup control. Pendefinisian gerak dikenal dengan notasi singkat, pada gerak selinder penelitian ini adalah selinder adalah sebagai berikut:



Gambar 8. Notasi Singkat urutan langkah kerja selinder

Pada notasi singkat dapat diberikan penjelasan proses gerak otomatis sebagai berikut: ketika katup start memberikan signal kepada katup a_0 akan meneruskan kepada selinder A untuk bergerak maju, selinder A akan menekan katup a_1 dan meneruskan signal kepada selinder B untuk bergerak maju, selinder B akan menekan katup b_1 dan meneruskan kepada selinder B untuk bergerak mundur, selinder B akan menekan katup b_0 dan meneruskan signal kepada selinder A untuk bergerak mundur, selinder A bergerak mundur mengenai katup a_0 dan signal input kembali kepada katup start untuk memulai awal pergerakan langkah kerja.

c. Desain instalasi hidrolik.

Desain instalasi hidrolik yang dimaksud adalah menyusun komponen listrik di bagian kontrol signal menggunakan prinsip kerja metode cascade, dan selanjutnya signal tersebut dapat diarahkan menggerakkan selinder sesuai dengan notasi singkat. Pada penelitian ini menggunakan software *fluidsim-H3,5 student version*. Metode cascade diterapkan dipneumatik menerapkan selama proses hanya ada 1 saluran saja yang memiliki signal dan setiap saluran akan terisi signal bergantian secara berurutan. Saluran signal pneumatic dikonversikan kesaluran signal listrik peralatan yang sesuai adalah Relay. Relay ini akan menyala bergantian secara berurutan mengontrol aliran signal listrik yang diterima solenoid katup kontrol arah aliran, sebagai penentu gerak selinder sesuai notasi singkat. Hasil perencanaan penyusunan komponen elektrik hidrolik menggunakan metode cascade dapat dituangkan dalam bentuk table logika sebagai berikut:

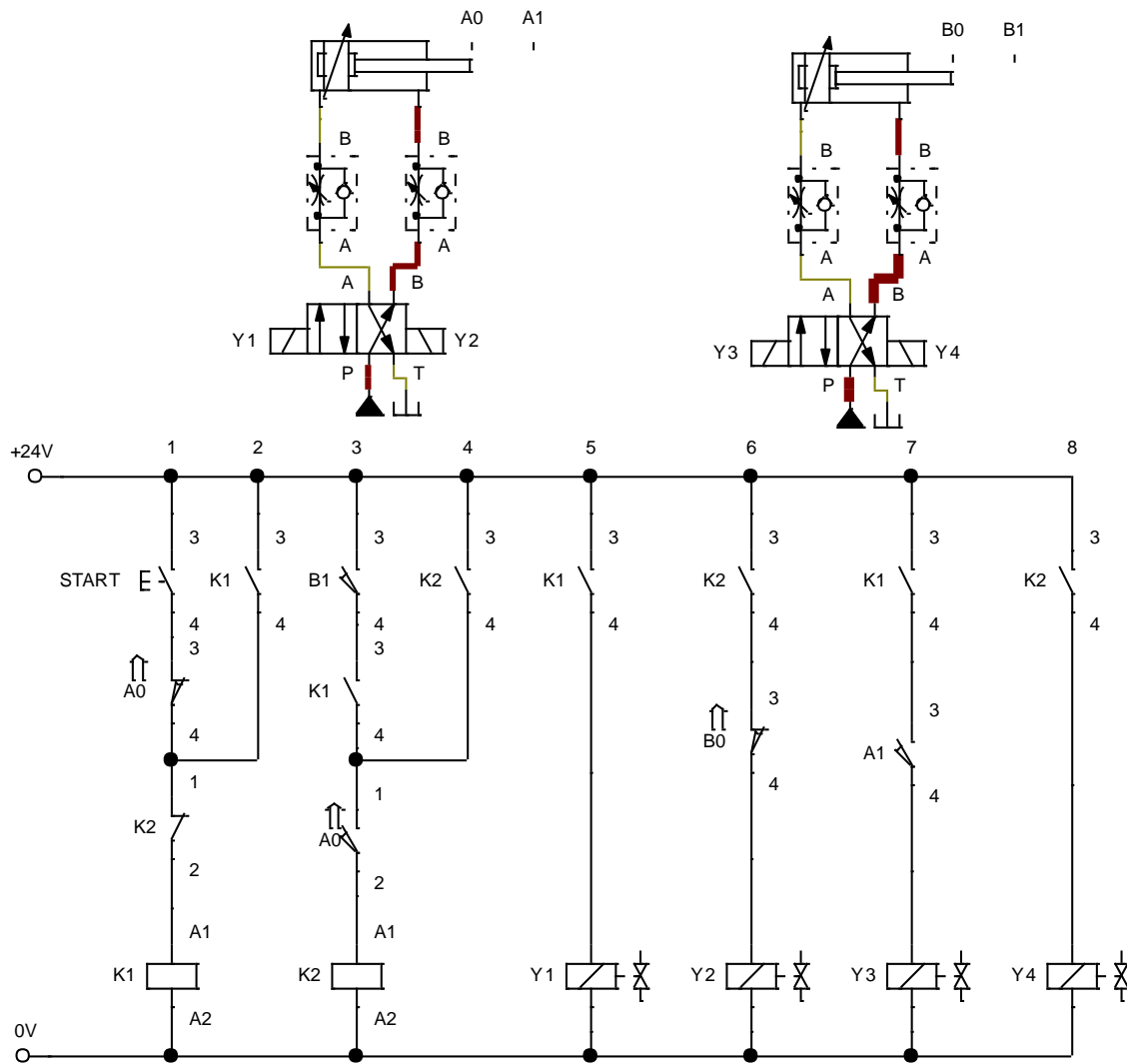
Tabel 4. Logica signal input

<div>Saklar \ Saluran</div>	Saluran 1 (Riley K ₁)	Saluran 2 (Riley K ₂)
K ₁		1
K ₂	0	
Start	1	
a _o	1	0
b ₁		1

Tabel 5. Logica signal daya

<div>Solenoid Switch</div>	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
K ₁	1		1	
K ₂		1		1
a ₁			1	
b _o		1		

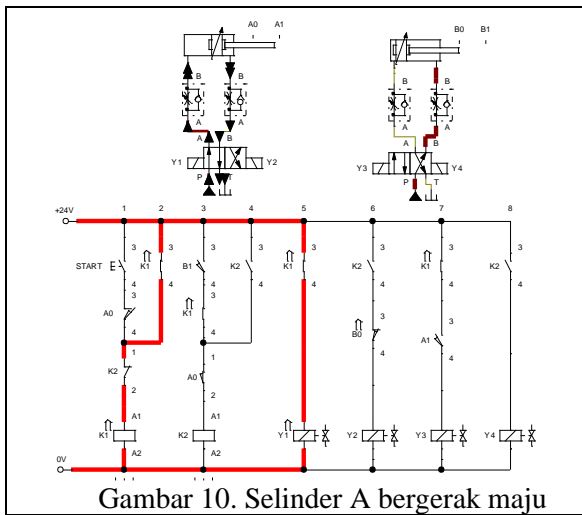
Dari table 5 dan 6 dapat dibuat instalasi elektrohidrolik, sebagaimana diperlihatkan pada gambar 11 sebagai berikut:



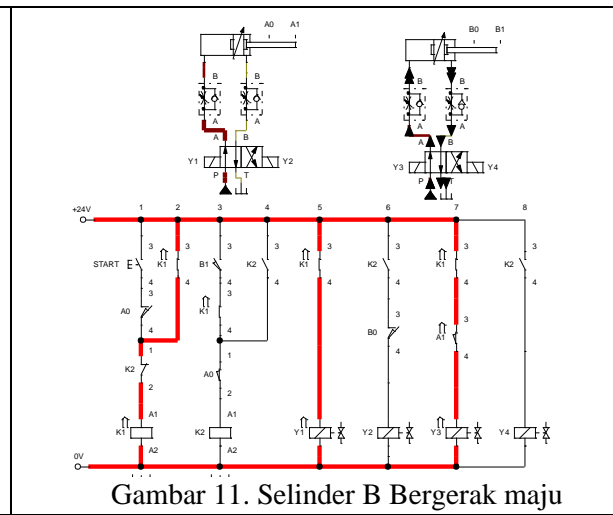
Gambar 9. Instalasi Hidrolik Mesin Kupas Kelapa

d. Pengujian Hasil Rancangan Instalasi Hidrolik

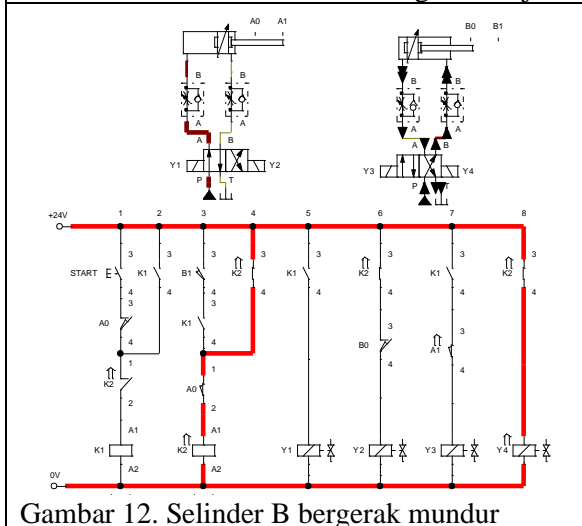
Instalasi hidrolik mesin kupas kelapa yang sudah selesai dibuat, perlu dilakukan pengujian operasionalnya dengan menggunakan *software fluidsim-H3,5 student version* dan dari hasil pengujian disimpulkan bahwa instalasi dapat beroperasi sebagaimana yang direncanakan. Deretan gambar berikut merupakan langkah operasional selinder,



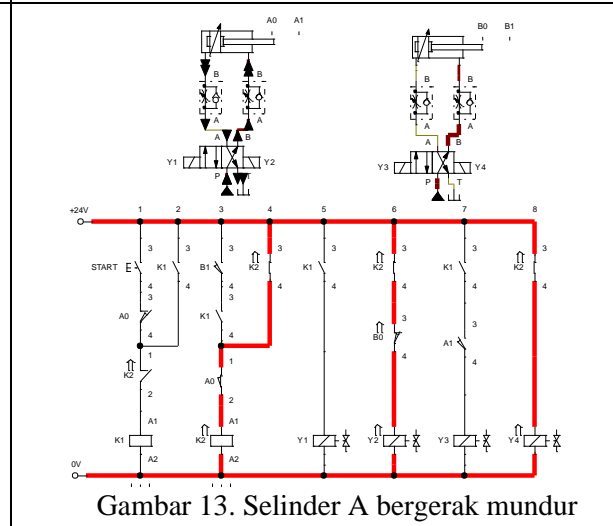
Gambar 10. Selinder A bergerak maju



Gambar 11. Selinder B Bergerak maju



Gambar 12. Selinder B bergerak mundur



Gambar 13. Selinder A bergerak mundur

4 2. Pembahasan

Komponen elektrohidrolik disusun dalam konfigurasi menggunakan metode cascade, dapat dioperasikan menggerakkan 2 buah selinder hidrolik sesuai dengan notasi singkat A+ B+ B- A-. Prinsip kerja rangkaian, pada bagian instalasi kontrol signal: relay k1 dan k2 menyala bergantian secara berurutan, pada prosesnya hanya ada 1 relay yang menyala. Sedangkan pada instalasi kontrol daya, saklar relay akan menyalakan solenoid y1, y2, y3 dan y4 secara berurutan sesuai dengan notasi singkat. Relay k1 dan k2 dapat menyala secara bergantian dikarenakan pada bagian instalasi kontrol signal menggunakan saklar a₀ yang mengoperasikan sepasang saklar tunggal NO dan NC.

Komponen hidrolik lainnya yang dibutuhkan antara lain, kontrol kecepatan gerak selinder diatur oleh katup *one way control valve*. Dengan adanya katup ini kecepatan selinder maju atau mundur dapat diatur dengan kecepatan yang berbeda. 2 katup 4/2 operasi solenoid terpasang pada masing selinder, untuk mengontrol arah aliran fluida kerja sesuai notasi singkat gerakan selinder hidrolik. 1 unit Pompa Hidrolik dilengkapi dengan elektromotor dan *relief valve*, sebagai power suplay oli bertekanan ke selinder hidrolik.

Penggunaan 2 buah selinder hidrolik dimaksudkan sebagai sumber tenaga mekanik, untuk menggerakkan mekanisme lengan dan pisau pengupas serabut kelapa. ketika buah kelapa diletakkan pada dudukan buah kelapa, tombol start ditekan maka mesin secara otomatis bergerak untuk

mengupas buah kelapa. Sesuai konstruksi mesin, meletakan buah kelapa dan mengangkat buah kelapa masih dilakukan secara manual.

5. Penutup

5.1. Kesimpulan

1. Instalasi elektrohidrolik yang sudah dibuat memiliki prinsip kerja sesuai metode cascade, pada bagian instalasi kontrol signal; relay k1 dan k2 menyala bergantian. Sedangkan pada bagian instalasi kontrol daya, saklar relay akan menyalakan solenoid y1, y2, y3 dan y4 secara berurutan sesuai dengan notasi singkat.
2. Hidrolik berfungsi sebagai sumber tenaga mekanik untuk menggerakkan mekanisme lengan dan pisau pengupas serabut kelapa.
3. Mesin kupas kelapa membutuhkan 2 buah selinder hidrolik.

5.2. Saran

Penelitian ini perlu dilanjutkan untuk menentukan ukuran selinder dan unit pompa oli yang sesuai, dengan pertimbangan dari sisi ekonomis. Dan perlu juga direncanakan gerak otomatis pada proses meletakan dan melepaskan buah kelapa dari dudukannya, sehingga operator hanya perlu meletakan sejumlah buah kelapa pada suatu wadah dan secara otomatis proses pengupas buah kelapa dapat dilakukan secara berkesinambungan.

Daftar Pustaka

- Azmain Noor Hatuwe, (2014), Perancangan Instalasi Kontrol Gerak Silinder Elektropneumatik Berdasarkan Prinsip Kerja Metode Cascade, *ARIKA*, 8(1), 53-63. Retrieved from <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/arika/article/view/395>
- Dickson Kho, 2022, Jenis – jenis Saklar (Switch) dalam Rangkaian Elektronika, <https://teknikelektronika.com/jenis-jenis-saklar-switch-dalam-rangkaian-elektronika/>
- Mochasafarudin, 2020, Sistem Hidrolik dan Pneumatik, https://mochasafarudin.files.wordpress.com/2020/05/mekatronika_kuliah10.pdf.
- Merkle D., Schrader B. dan Thomas, M., (1998), *Hydraulics*, Festo Didactic, GmbH & Co., Rechbergstraße. 3, D-73770 Denkendorf.
- Jenly D.I. Manongko dan Johanis Rampo, 2016, Rancang Bangun Model Mesin Pengupas Kelapa untuk Petani Kelapa Di Desa Wiau Kabupaten Minahasa Tenggara Provinsi Sulawesi Utara, Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016, p-ISSN : 2407 – 1846, e-ISSN : 2460 – 8416, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta
- Purwantonono dan Zainal Abadi, 2019, *Dasar-dasar Hidrolik*, UNP Press. ISBN: 978-602-1178-47-8.
- Semuel M. Taribuka dan Azmain Noor Hatuwe (2012), Perencanaan Instalasi Kontrol Pneumatik Menggunakan Metode Cascade Pada Alat Pelumatan Tanah Liat Sebagai Bahan Dasar Batu Bata Merah, 972 Jurnal TEKNOLOGI, Volume 9 Nomor 1, 969 - 977