

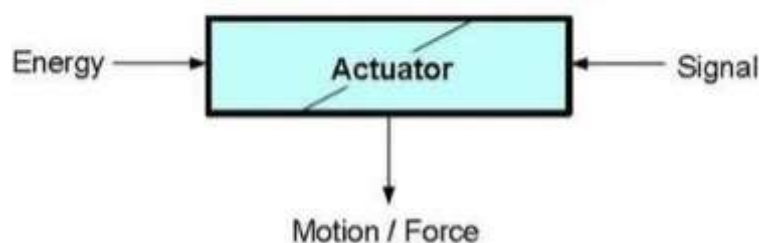
## 2.2 Memahami Berbagai Jenis dan Cara Kerja Aktuator Internet of Things



Indobot Academy 21 November 2022

### 1. Pengenalan Aktuator

Saat ini pada dunia industri, terutama di sektor minyak dan gas, pengoprasian mesin dan alat dilakukan secara otomatis. Seperti pada Valve, alat ini dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan Aktuator. Pengendalian jarak jauh menggunakan layanan internet adalah salah satu bentuk aplikasi dari Internet of Things. Sehingga selain mempelajari tentang sensor dan transduser, mempelajari tentang aktuator merupakan hal yang juga penting.



Gambar 1. Aktuator (Sumber : [www.elprocus.com](http://www.elprocus.com))

Aktuator adalah sebuah alat mekanis yang mengubah tenaga listrik maupun fluida menjadi kuantitas lain seperti kecepatan dan perangkat elektromagnetik sehingga mampu menghasilkan energi kinetik. Energi kinetik yang dihasilkan akan digunakan untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme

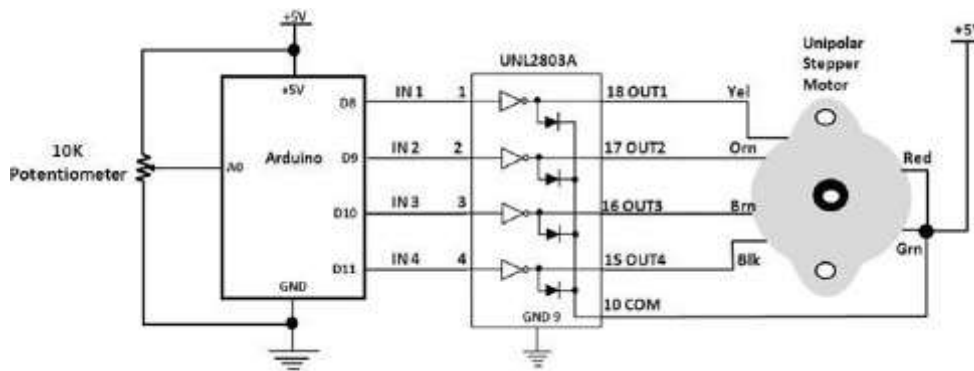
atau sistem. Biasanya Aktuator diaktifkan seperti halnya lengan mekanik yang digerakkan oleh motor listrik. Alat mekanis ini dikendalikan oleh pengontrol otomatis yang telah diprogram di antara mikrokontroler. Aktuator sendiri dapat melakukan hal-hal tertentu setelah menerima perintah dari controller, yang bertugas mengoperasikan Aktuator. Gambaran dari aktuator ditunjukkan pada gambar 1 diatas.

Sebagai contoh, jika cahaya hadir dalam robot pencarian cahaya, sensor memberikan informasi kepada pengontrol yang kemudian mengontrol bahwa Aktuator bergerak ke arah sumber cahaya. Mudahnya, Aktuator adalah mesin mekanik dengan mekanisme membuka dan menutup katup secara otomatis tanpa kontak manusia. Jika mekanismenya dilakukan secara manual, maka seseorang harus menyesuaikan katup dengan mekanisme directional. Jika terjadi masalah kontrol, Aktuator dioperasikan dengan daya, tekanan hidrolik, dan listrik. Salah satu Aktuator yang dapat menutup dan membuka katup adalah katup pada globe.

## **2. Komponen Sistem Aktuasi**

Aktuator tidak dapat langsung mengubah sinyal kontrol menjadi gerakan. Oleh karena itu selain komponen yang mengkonversi energi diperlukan sebuah komponen yang dapat memperkuat sinyal kontrol agar dapat digunakan untuk sumber dari komponen konversi energi. Terlihat pada gambar 2 adalah skema dari kendali motor stepper yang terdiri dari *driver* UNL2803A yang berfungsi mengubah sinyal kendali (tegangan rendah) agar sesuai dengan kebutuhan dari motor stepper dan digunakan untuk menghasilkan gerakan. Dua komponen utama dari sistem aktuasi adalah:

- **Amplifikasi dan Modulasi Daya:** mengubah sinyal kontrol menjadi sinyal yang sesuai untuk memberikan daya input yang diperlukan ke unit konversi Elemen ini terdiri dari sirkuit elektronik daya dalam penggerak listrik, seperti menyediakan saklar daya tinggi yang sesuai ke penggerak listrik.
- **Konversi Energi:** mengubah energi dan menghasilkan kerja.



Gambar 2. Skema dari kendali motor stepper

## 3. Jenis Aktuator berdasarkan pergerakan

### 3.1 Aktuator Linier

Aktuator linier adalah aktuator yang menciptakan gerak dalam garis lurus, berbeda dengan gerak melingkar pada motor listrik konvensional. Aktuator linier digunakan dalam peralatan mesin dan mesin industri, di perifer komputer seperti disk drive dan printer, di katup dan peredam, dan di banyak tempat lain dimana gerakan linier diperlukan. Silinder hidrolik atau pneumatik secara inheren menghasilkan gerakan linier. Banyak mekanisme lain yang digunakan untuk menghasilkan gerakan linier dari motor yang berputar.

Gambar 3 menunjukkan salah satu linier aktuator dengan sumber tenaga motor listrik. Ketika motor listrik berputar maka akan memutar ulir sehingga tuas dapat dikendalikan maju dan mundur sesuai kebutuhan. Pergerakan dari linear aktuator ditunjukkan pada gambar 4. Tentunya dengan sumber energi yang berbeda, sistem mekanik yang ada pada aktuator linier ini pasti berbeda. Penjelasan lebih detail terkait sumber energi dari aktuator akan dijelaskan pada materi selanjutnya.



Gambar 3. Linier Aktuator dengan sumber energi listrik  
(Sumber : [www.firgelliauto.com](http://www.firgelliauto.com))



Gambar 4. Pergerakan aktuator linier saat tuas memendek dan memanjang (Sumber : [www.firgelliauto.com](http://www.firgelliauto.com))

Manufaktur memanfaatkan aktuator linier dalam peralatan dan mesin industri, seperti printer, mesin penyemprot otomatis, dan katup otomatis. Memilih aktuator tergantung pada sistem yang dibuat, misal untuk dongkrak mobil akan praktis dibuat aktuator linier dengan memanfaatkan hidrolik dan aktuator linier jenis pneumatik seringkali digunakan untuk menggerakkan piston pada ruang bakar. Masing-masing perangkat ini menawarkan gerakan yang terjangkau, berulang, dan konsisten karena integrasi. Beberapa aplikasi penggunaan aktuator linier adalah sebagai berikut:

- ***Material Handling***

Banyaknya kegunaan aktuator linier telah meningkatkan otomatisasi di tempat kerja sehingga manufaktur dapat menurunkan biaya produksi. Aktuator linier listrik telah berubah menjadi alat vital dan diperlukan untuk mencapai penanganan material yang optimal. Aktuator linier bertanggung jawab untuk memindahkan objek dari titik A ke titik B. Versi elektromekanis memiliki kemampuan tambahan untuk

menghentikan gerakan mid-stroke. Aktuator linier memungkinkan gerakan yang lebih aman, terjamin, dan presisi, terutama saat operator menggunakannya bersama dengan sensor atau teknologi pintar lainnya. Kombinasi ini memungkinkan pekerja untuk menyelesaikan tugas yang berulang-ulang dengan intervensi manual yang sangat minimal. Beberapa aplikasi yang terlihat pada pabrik/manufaktur adalah mesin sortir, sistem umpan, dan klem. Salah satu contohnya adalah menggunakan aktuator linier pneumatik bersama dengan konveyor. Aktuator linier listrik memberikan efisiensi yang lebih baik karena tidak memperlambat kemampuan kontrol. Terlihat pada gambar 5 penggunaan aktuator linier pada sebuah proses produksi yang menggunakan konveyor.



Gambar 5. Konveyor pada proses produksi

- o **Robotika**

Aktuator linier membuka peluang robot dapat melakukan gerakan agar robot bisa berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Pemasangan aktuator linier dapat dilakukan pada roda, klem, lengan ataupun bagian kaki. Pemanfaatan aktuator linier pada robot kebanyakan pada robot lengan karena bentuk aktuator yang besar dengan sumber energi yang tersedia juga harus cukup besar sehingga cukup sulit apabila diimplementasikan pada sebuah *mobile robot*.

Lengan robot biasanya memiliki gripper pada ujungnya. Saat operator menekan sebuah tombol, sensor berkomunikasi dengan lengan untuk menjepit kotak di posisi A. Penjepit menahan paket dan memindahkannya ke posisi B, sebelum melepaskan kotak ke sabuk konveyor atau permukaan kerja yang diinginkan. Untuk menjepit objek dapat dilakukan dengan aktuator linier. Selain itu aktuator linier juga dapat dipasang pada bagian bawah lengan robot sehingga robot bisa

bergerak pada rel yang ada. Gambar 6 merupakan salah satu lengan robot yang memanfaatkan aktuator linier agar dapat bergerak pada rel.



Gambar 6. Lengan robot yang dapat bergerak pada rel  
(Sumber : [www.linearmotiontips.com](http://www.linearmotiontips.com))

- **Manufaktur Makanan dan Minuman**

Skala industri makanan dan minuman saat ini membutuhkan otomatisasi tingkat tinggi untuk memenuhi permintaan. Produsen harus merampingkan pemrosesan, perawatan, pengemasan, dan proses lainnya untuk memastikan distribusi tepat waktu. Aktuator linier memainkan peran penting dalam memungkinkan tindakan ini. Setiap jenis aktuator linier memiliki peran yang berbeda dalam otomatisasi. Jenis aktuator linier dengan model *rod-style* dapat digunakan untuk membersihkan area produksi, yang menjadikannya pilihan utama untuk pabrik susu dan minuman. Aktuator linier *rod-style* elektrik menawarkan keserbagunaan, berkat beberapa opsi profil yang menjadikannya ideal untuk berbagai jenis alat produksi makanan. Aktuator linier meningkatkan efisiensi dengan tetap mempertahankan lingkungan yang bersih, mengurangi kemungkinan kontaminasi pada produk makanan atau minuman yang dibuat. Selain itu aktuator linier juga ditemukan di peralatan seperti konveyor dan mesin *pouch*.

- **Otomatisasi Jendela**

Mengatur buka tutup jendela merupakan perkara yang tidak mudah ketika harus dilakukan otomatisasi. Solusinya adalah menggunakan aktuator linier. Aktuator linier menawarkan solusi praktis yang memungkinkan orang dengan mudah membuka dan menutup jendela dan menikmati kenyamanan hidup modern. Otomatisasi jendela menandai salah satu penggunaan paling umum dari aktuator linier, yang juga dikenal sebagai motor batang dorong. Perangkat dengan

tenang tidak berisik ketika beroperasi baik dalam suhu lingkungan yang panas maupun dingin. Aktuator linier dapat digunakan untuk menaikkan dan menurunkan daun jendela secara otomatis. Selain itu, aktuator linier juga dapat digunakan untuk membuka dan menutup tirai jendela secara otomatis. Gambar 7 berikut menunjukkan aktuator linier dalam pemanfaatan otomatisasi jendela.



Gambar 7. Aktuator linier pada jendela (Sumber : [www.soonkst.com](http://www.soonkst.com))

### **3.2 Aktuator Putar**

Aktuator putar adalah aktuator yang menghasilkan gerakan putar atau torsi. Aktuator putar yang paling sederhana adalah murni mekanis dimana gerakan linier dalam satu arah menimbulkan gerakan rotasi. Aktuator putar yang paling umum adalah bertenaga listrik dan lainnya dapat ditenagai dengan pneumatik atau hidrolik atau menggunakan energi yang disimpan dalam pegas.

Gerakan yang dihasilkan oleh aktuator dapat berupa rotasi kontinu, seperti untuk motor listrik, atau gerakan ke posisi sudut tetap seperti untuk motor servo dan motor stepper. Bentuk selanjutnya, motor torsi, tidak selalu menghasilkan putaran apapun tetapi hanya menghasilkan torsi presisi yang kemudian menyebabkan rotasi atau diseimbangkan oleh beberapa torsi yang berlawanan. Salah satu contoh dari aktuator putar adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 8 berikut.



Gambar 8. Aktuator katup putar listrik mengendalikan butterfly valve Sumber : [en.siovalve.com](http://en.siovalve.com)

## **4. Jenis Aktuator Berdasarkan Sumber Energi**

### **4.1 Hidraulik**

Aktuator hidraulik (*hydraulic actuator*) merupakan komponen sistem hidraulik yang digunakan untuk menggerakkan beban. Aktuator mengubah tenaga hidraulik menjadi tenaga mekanik (linear maupun putar). Sistem hidrolik memiliki rentang tekanan operasi antara 1 hingga 35 Megapascal. Aktuator jenis hidraulik banyak digunakan dalam sistem kontrol loop tertutup dengan kebutuhan sistem kecepatan tinggi serta beban yang besar. Sistem aktuator hidrolik menggunakan konsep yang dikemukakan oleh Pascal yang umumnya dikenal dengan Hukum Pascal atau Prinsip Pascal. Hukum Pascal menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada titik tertentu pada fluida dalam wadah ditransmisikan secara merata ke semua arah di dalam fluida serta dinding wadah tanpa kehilangan apapun. Misalkan, jika tekanan  $P$  diterapkan ke area  $A$ , maka gaya yang dihasilkan karena tekanan yang diberikan adalah:

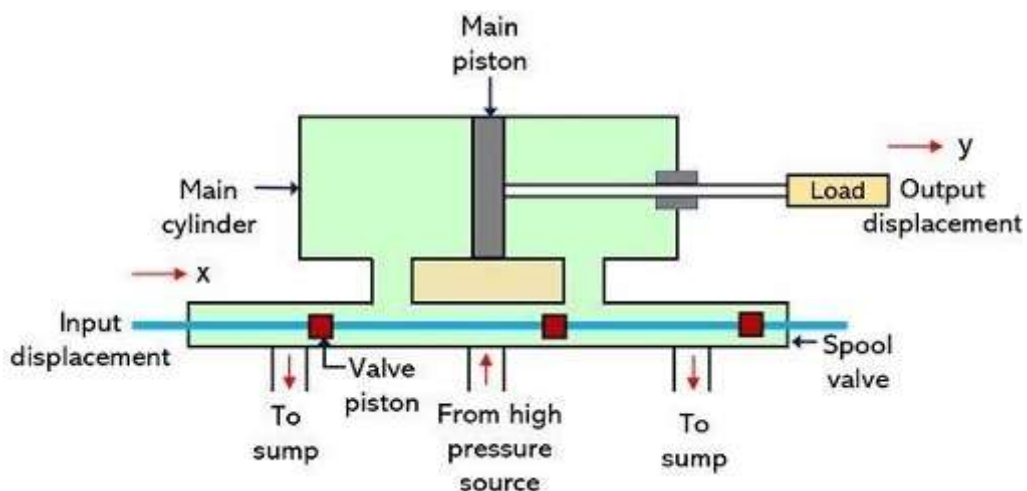


$$F = P * A$$

Jika gaya tertentu  $F$  diterapkan di area yang lebih kecil untuk memiliki tekanan  $P$  dalam fluida terbatas, maka gaya yang dihasilkan pada area yang lebih besar sebagai akibatnya dapat secara komparatif lebih besar daripada gaya yang diciptakan oleh tekanan. Dengan cara ini, tekanan yang diterapkan pada titik tertentu digunakan untuk menghasilkan gaya yang sangat besar dan prinsip ini digunakan oleh berbagai sistem hidrolik.

Fluida yang digunakan dalam sistem hidrolik harus bersifat inkompresibel. Hal ini terjadi karena sifat fluida yang tidak dapat dimampatkan akan memudahkan transmisi daya ke semua bagian fluida secara instan. Sistem ini menggunakan minyak yang berasal dari minyak bumi atau beberapa minyak sintetis yang tidak mudah terbakar. Penggunaan oli tersebut juga memberikan pelumasan ke bagian yang bergerak dari sistem hidrolik sehingga mengurangi kerugian akibat gesekan bersama dengan ini memfasilitasi pendinginan komponen yang mengurangi kemungkinan bahaya kebakaran jika terjadi panas yang ekstrim selama operasi.

Sebagian besar minyak bumi digunakan oleh sistem ini karena menawarkan kompresibilitas yang sangat rendah. Juga, minyak ini bertindak sebagai segel untuk mencegah kebocoran dari salah satu komponen. Gambar 9 merupakan representasi skema dari aktuator hidrolik.



Gambar 9. Aktuator Hidraulik (Sumber : electronicscoach.com)

Komponen utama dari unit ini adalah katup pilot yang juga dikenal sebagai katup spool dan silinder utama (atau silinder daya). Katup pilot ini beroperasi sedemikian rupa sehingga perbedaan tekanan yang dibuat di dua wilayah silinder utama menyebabkan terjadinya gerakan translasi pada piston. Silinder utama memiliki dua bagian. Kedua daerah ini diperoleh dengan membagi

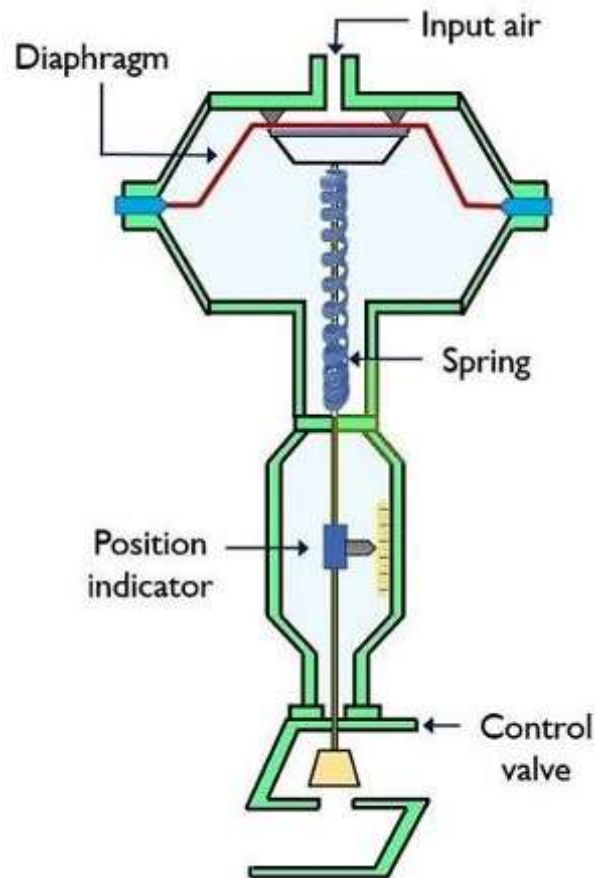
silinder utama dengan piston utama. Jadi, ada dua ruang silinder utama. Laju aliran fluida di dalam silinder dikendalikan oleh katup spool. Katup spool memiliki 4 port dan setiap port terhubung ke bagian sistem yang berbeda.

Dua port terpisah masing-masing terhubung ke suplai cairan dan daerah pembuangan. Sedangkan dua port lainnya dihubungkan secara terpisah ke dua chamber silinder utama. Awalnya, spool hadir pada posisi netral, katakanlah  $x = 0$  dan pada posisi ini, tidak akan ada aliran fluida di dalam silinder utama. Perakitan dari mekanik sebuah aktuator hidrolik sedemikian rupa sehingga beban akan bergerak sesuai dengan aliran fluida.

Jadi, ketika perpindahan input,  $x$  adalah 0 maka perpindahan output  $y$  juga akan menjadi 0. Ketika perpindahan pada input terjadi secara spontan maka spool bergerak ke kanan. Pergerakan spool ke arah kanan menyebabkan fluida dari sumber bertekanan tinggi bergerak menuju ruang kiri silinder utama. Jadi, tekanan di ruang kiri silinder naik secara komparatif lebih dari yang ada di ruang kanan. Hal ini mengakibatkan timbulnya gaya percepatan yang menyebabkan pergerakan beban. Dengan cara ini, arah aliran fluida sesuai dengan arah pergerakan beban. Aliran fluida bertindak sebagai penguatan daya seperti yang dibahas dalam prinsip operasi karena gaya yang disuplai untuk menggantikan katup relatif sangat kecil daripada gaya yang dihasilkan yang benar-benar menggantikan beban.

## **4.2 Pneumatik**

Teknologi pneumatik dikaitkan dengan studi tentang udara terkompresi. Pada dasarnya sistem berbasis teknik pneumatik ini menggunakan udara sebagai media operasinya. Aktuator pneumatik beroperasi sedemikian rupa sehingga mengubah udara bertekanan yang diterapkan padanya menjadi perpindahan. Dua unit utama dari aktuator ini adalah piston dan diafragma. Dalam jenis aktuator ini, kedua unit ini menciptakan tenaga penggerak dari udara yang disuplai. Lebih sederhananya, kekuatan udara digunakan untuk menciptakan gerakan.



Gambar 10. Aktuator Pneumatik (Sumber : [electronicscoach.com](http://electronicscoach.com))

Klasifikasi aktuator pneumatik di atas didasarkan pada jenis gerakan yang dihasilkan olehnya. Jika perangkat menghasilkan gerakan linier maka dikatakan aktuator pneumatik linier. Sedangkan jika konversi dari udara ke gerak bersifat rotasi maka dikatakan sebagai aktuator pneumatik putar. Telah dibahas bahwa aktuator pneumatik mengubah energi dari fluida bertekanan menjadi aksi atau gerakan mekanis yang diinginkan. Gambar 10 menunjukkan aktuator pneumatik. Komponen utama dari sistem pneumatik seperti Flow Control Valve, Diaphragm, Compressor, Storage Reservoir, dan Spring.

Seperti yang kita ketahui bahwa di sini energi fluida diubah menjadi energi mekanik untuk menggerakkan sistem. Fungsi sistem yang ditunjukkan di atas sedemikian rupa sehingga udara segar dikompresi oleh kompresor dan disimpan di reservoir penyimpanan. Arah, laju aliran bersama dengan tekanan fluida dikendalikan oleh katup kontrol aliran. Unit pegas berhasil membawa udara dari satu lokasi ke lokasi lain dan memberikan langkah balik ke piston.

Awalnya, dengan tidak adanya udara yang disuplai, katup kontrol tetap terbuka dan diafragma ditarik ke atas oleh aksi pegas. Namun, ketika udara diambil dari atmosfer kemudian disaring oleh filter dan disalurkan ke kompresor. Kompresor sekarang memampatkan udara yang menyebabkan

peningkatan tingkat tekanan. Perlu dicatat di sini bahwa dengan peningkatan tingkat tekanan udara, suhunya juga meningkat. Jadi, untuk menjaga suhu pada kisaran sedang, pendingin udara digunakan.

Sekarang, udara bertekanan disimpan dalam reservoir penyimpanan sehingga tingkat tekanan dapat dipertahankan. Selanjutnya, udara bertekanan di dalam sistem menerapkan gaya pada diafragma aktuator. Ketika gaya akibat udara bertekanan mengatasi gaya pegas yang menahan diafragma di atas maka hal ini menyebabkan pergerakan diafragma ke bawah sehingga menutup katup kontrol. Dengan peningkatan tekanan pasokan udara, diafragma terus bergerak ke arah bawah dan ini sepenuhnya menutup katup kontrol pada titik waktu tertentu.

Sementara tekanan suplai ini berkurang, maka gaya yang diberikan oleh pegas pada diafragma mengatasi gaya akibat tekanan yang disuplai. Hal ini menyebabkan gerakan ke arah atas dari diafragma sehingga membuka katup kontrol. Perlu dicatat di sini bahwa posisi katup kontrol tergantung pada tekanan udara. Dengan demikian, membuka dan menutupnya control valve berhubungan dengan pergerakan diafragma begitu juga dengan tekanan udara.

Keuntungan penggunaan aktuator pneumatik:

- Aktuator pneumatik menawarkan operasi hingga rentang suhu yang luas secara umum: 0°Celsius hingga 200 °Celsius
- Menawarkan kemudahan konstruksi dan perawatan yang lebih mudah
- Aktuator ini tahan api dan ledakan
- Aktuator pneumatik adalah perangkat yang lebih murah dan berbobot rendah

Kekurangan dari penggunaan aktuator pneumatik:

- Daya keluaran yang dihasilkan oleh aktuator pneumatik lebih kecil dari aktuator hidrolis
- Bagian-bagian mesin internal tidak dilumasi karena penggunaan udara sebagai cairan
- Keakuratan output yang dihasilkan agak kurang dalam operasi kecepatan rendah
- Aktuator pneumatik bekerja secara efisien hanya bila digunakan untuk aplikasi tertentu

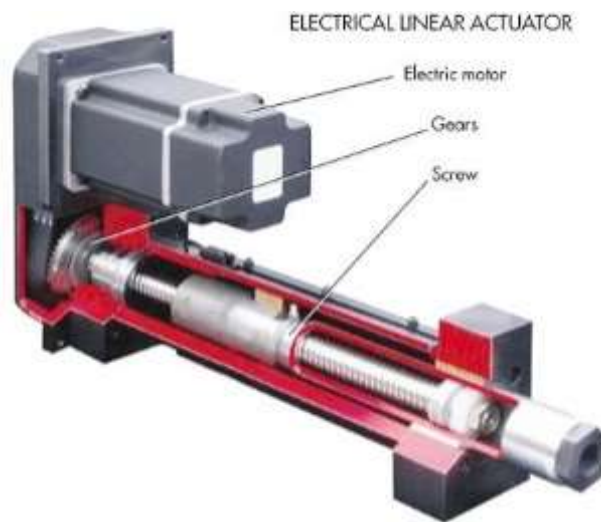
## 4.3 Elektrik

Aktuator elektrik adalah perangkat elektromekanis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Kebanyakan aktuator elektrik beroperasi melalui interaksi medan magnet dan konduktor pembawa arus untuk menghasilkan gaya. Proses sebaliknya, menghasilkan energi listrik dari energi mekanik, dilakukan dengan generator seperti alternator atau dinamo; beberapa aktuator elektrik juga dapat digunakan sebagai generator, misalnya, motor traksi pada kendaraan dapat melakukan kedua tugas tersebut. Aktuator dan generator listrik biasa disebut sebagai mesin listrik. Terdapat beberapa jenis aktuator elektrik yaitu elektromekanikal, elektrohidrolik dan linier motor. Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing jenis.

- **Elektromekanikal**

Jenis ini mengubah gaya rotasi motor putar listrik menjadi gerakan linier untuk menghasilkan gerakan linier melalui mekanisme sebuah *belt* (*belt drive* dengan stepper atau servo) atau *screw* (*ball* atau *lead screw* atau *planetary mechanics*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 11. Keuntungan utama dari aktuator elektromekanis adalah tingkat akurasi yang relatif baik terhadap pneumatik, kemungkinan masa pakai yang panjang dan upaya perawatan yang diperlukan lebih sedikit (mungkin memerlukan pelumas). Dimungkinkan untuk mencapai kekuatan yang relatif tinggi yaitu 100 kN. Keterbatasan utama dari aktuator ini adalah kecepatan yang dapat dicapai, dimensi dan berat. Aplikasi utama dari aktuator ini terlihat pada perangkat perawatan kesehatan dan pabrik yang menerapkan sistem otomatisasi. Berikut lima keuntungan penggunaan aktuator elektromekanik:

- Presisi: aktuator elektrik menawarkan pemosisian kontrol presisi yang sangat baik dengan suara yang senyap, mulus, dan berulang
- Kendali: aktuator elektrik memberikan kendali penuh gerakan dan terdapat encoder untuk mengontrol kecepatan, posisi, torsi, dan gaya yang dibutuhkan
- Cocok untuk IoT: aktuator elektrik dapat dihubungkan dengan rangkaian elektronika dan integrasi dengan sistem IoT dengan mudah dan sifatnya yang tidak memerlukan banyak perawatan menjadi pilihan terbaik
- Tenang: aktuator elektrik lebih hening dari pada aktuator pneumatik dan hidrolik Ramah lingkungan: karena tidak ada kebocoran fluida aktuator elektrik tidak membahayakan lingkungan dan aktuator elektrik lebih hemat energi karena hanya menggunakan daya saat bergerak



Gambar 11. Aktuator jenis elektromekanik  
(Sumber : [www.firgelliauto.com](http://www.firgelliauto.com))

- **Elektrohidraulik**

Silinder hidrolik telah lama menjadi pilihan pertama untuk menangani beban yang lebih tinggi dari 3.000 lb. Namun jika ruang instalasi terbatas, silinder hidrolik dan semua peralatan tambahannya mungkin sulit untuk dimasukkan ke dalam desain, meskipun memiliki keunggulan daya. Alternatif yang dapat digunakan adalah aktuator elektrohidraulik. Aktuator elektrohidraulik dapat menangani beban hingga 4.800 lb dan memindahkannya hingga 4 ips (inci per detik). Aktuator elektrohidraulik lebih bersih, serbaguna dan memiliki biaya perawatan yang relatif rendah. Aktuator elektrohidraulik juga cocok dengan aktuator hidrolik pada umumnya dalam hal penanganan beban dan guncangan. Elektrohidraulik sekarang ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi penanganan beban berat yang ada di kelautan, militer, dirgantara, dan banyak bidang lainnya. Aktuator elektrohidraulik adalah aktuator yang mengoperasikan katup melalui cairan hidrolik bertekanan, namun sumber energi utamanya adalah tenaga listrik. Tenaga listrik yang disuplai digunakan untuk memberi energi pada motor yang menjalankan pompa hidrolik yang kemudian memasok cairan bertekanan untuk mengoperasikan aktuator hidrolik untuk katup kontrol. Dalam aktuator elektrohidraulik, motor listrik berputar searah jarum jam, memutar roda gigi yang menekan cairan hidrolik. Terdapat katup yang ketika terbuka akan menarik cairan dari reservoir mengendalikan panjang bagian batang. Untuk retraksi, motor berjalan berlawanan arah jarum jam, membalikkan operasi dan mengembalikan cairan ke reservoir dan sisi berlawanan dari piston. Meskipun aktuator elektrohidraulik dan silinder hidrolik mungkin memiliki ukuran yang sama, silinder hidrolik memerlukan komponen yang jauh lebih banyak. Hal ini tentu memberikan keuntungan terutama desain aktuator elektrohidraulik

yang menjadi lebih sederhana. Beberapa jenis aktuator ini ditunjukkan pada gambar 12 berikut ini.



Gambar 12. Beberapa aktuator jenis elektrohidraulik

Aktuator elektrohidraulik juga memiliki keunggulan dalam kebersihan dan keamanan. Silinder hidraulik dan komponennya dapat menyebabkan kebocoran pada sambungan pipa dan selang karena getaran dan faktor lainnya, mendorong oli dan asap masuk ke dalam pabrik. Ini akan mencemari udara dan mungkin menciptakan bahaya tergelincir bagi operator. Sementara kebocoran di pompa, pengontrol tekanan, katup arah dan silinder menyebabkan tekanan berubah panas atau energi yang terbuang sehingga mengurangi kecepatan aktuator. Pada Gambar 13 terlihat perbedaan antara aktuator elektrohidraulik dengan aktuator hidraulik yang menggunakan silinder.

Aktuator elektrohidraulik *self-contained* tidak memerlukan perawatan tambahan sedangkan silinder hidrolik membutuhkan perawatan berkala terutama yang berkaitan dengan cairan yang digunakan. Seiring bertambahnya usia, silinder hidrolik mulai aus dan bocor di sekitar piston. Pompa dan komponen lainnya juga aus seiring waktu dan menyebabkan kebocoran internal dan kehilangan tekanan. Dengan menggunakan aktuator elektrohidraulik lebih banyak fleksibilitas desain sehingga tidak kesulitan dalam penempatan aktuator. Aktuator elektrohidraulik tidak memerlukan sistem pendukung yang rumit, sehingga dapat lebih mudah ditempatkan sehingga perangkat kontrol bisa lebih dekat dengan sistem dan tentu aksesnya jadi lebih mudah.



	Hydraulic Cylinder-Based Systems	Electro-Hydraulic Actuators
Max Load Capacity	>21 kN (4,800 lbs.)	21 kN (4,800 lbs.)
Power Density	High	Highest
Cleanliness & Safety	Low	High
Additional Maintenance	High	None
Location Versatility	Low	High
Shock Handling	High	High
Cost - Initial	High	Low
Cost - Expanding Existing Unit	Low	Low
Cost - Lifecycle	High	Low

Gambar 13. Perbedaan antara aktuator elektrohidraulik dan aktuator hidraulik (Sumber : [www.powermotiontech.com](http://www.powermotiontech.com))

## 4.4 Termal atau Magnetik

Aktuator termal dan magnetik biasanya terdiri dari paduan *shape memory* yang dapat dipanaskan untuk menghasilkan gerakan. Pergerakan aktuator termal atau magnetik sering kali berasal dari efek Joule, tetapi dapat juga terjadi ketika sebuah kumparan ditempatkan dalam medan magnet statis. Medan magnet menyebabkan gerakan konstan yang disebut gaya Laplace-Lorentz. Sebagian besar aktuator termal dan magnetik dapat menghasilkan rentang gerak yang luas dan kuat sambil tetap ringan. Keuntungan dengan menggunakan aktuator ini adalah ringkas, ringan, ekonomis dan menawarkan kepadatan daya tinggi. Contoh yang menggunakan aktuator jenis termal atau magnetik adalah termostat dan magnet elektro.

Mengintegrasikan penginderaan suhu dan aktuasi ke dalam satu perangkat, aktuator termal biasanya digunakan dalam aplikasi seperti kontrol suhu, pencampuran dan pengalihan cairan, perlindungan pembekuan dan penutup suhu tinggi. Aktuator termal adalah komponen operasi utama di dalam perangkat mulai dari termostat hingga produk katup seperti katup bypass termal, katup pencampur termostatik, katup temper dan katup penyeimbang termostatik. Aktuator termostatik bertindak sebagai aktuator katup untuk membuka atau menutup katup berdasarkan set point suhu, misalnya, secara terus-menerus mengatur aliran air panas ke radiator yang memanaskan ruangan. Aktuator termal yang dikombinasikan dengan sumber panas seperti termistor koefisien suhu positif dikenal sebagai motor lilin, yang biasa digunakan pada peralatan seperti mesin cuci atau mesin pencuci piring untuk



mengunci atau mengoperasikan kait dispenser.

Dalam banyak aplikasi, aktuator termal memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan dengan solusi tradisional. Misalnya, aktuator termal di dalam katup termostatik atau termal memungkinkannya beroperasi sebagai perangkat tunggal yang mengintegrasikan fungsi penginderaan suhu, penggerak, dan kontrol fluida. Dibandingkan dengan pengaturan konvensional yang menggunakan katup solenoid dan sistem penginderaan elektronik, katup termal menghilangkan sejumlah komponen eksternal. Aktuator termal menghilangkan kebutuhan akan solenoida, sensor suhu seperti termokopel, instrumentasi elektronik dan sirkuit kontrol, dan catu daya seperti baterai atau catu daya DC. Dengan komponen yang lebih sedikit, katup termal lebih mudah dan lebih murah untuk dipasang. Kompleksitas desain keseluruhan dan total biaya solusi berkurang. Karena katup termal tidak memerlukan pasokan listrik, perangkat ini kebal terhadap kegagalan daya dan kejadian berbahaya seperti korsleting.

Keandalan dan keamanan dengan demikian ditingkatkan melalui pengaturan tradisional. Aktuator termal adalah unit kompak dengan rasio daya yang tinggi terhadap ukuran dan berat. Mereka tidak memerlukan kalibrasi berkala dan menawarkan operasi yang aman dan andal dalam aplikasi berbahaya atau ekstrem. Kelemahan utama dari aktuator termal adalah histeresis – atau lag – antara perjalanan piston dengan suhu yang meningkat dibandingkan dengan perjalanan piston dengan suhu yang turun. Saat suhu naik, bahan penginderaan suhu yang menghasilkan gerakan akan mengembang untuk menggerakkan piston aktuator di sepanjang pemandunya. Stroke daya ini terjadi sebagai fungsi spesifik dari suhu versus posisi. Dengan penurunan suhu, bagaimanapun, bahan penginderaan suhu akan berkontraksi sesuai dengan fungsi suhu versus posisi yang sedikit berbeda dari fungsi aslinya. Hal ini menyebabkan retraksi piston pada langkah balik terjadi pada suhu yang sedikit lebih rendah daripada gerak maju piston pada langkah daya.



Gambar 14. Sebuah Katup kontrol suhu pencampuran termostatik (Sumber : [www.thermomegatech.com](http://www.thermomegatech.com))

Konsekuensi dari histeresis ini adalah bahwa aktuator tidak akan berada pada posisi yang sama persis jika diberikan suhu yang sama untuk kondisi suhu naik dan turun. Dengan kata lain, bahkan jika suhunya persis sama, akan ada sedikit perbedaan antara posisi aktuator selama langkah daya dan langkah balik tergantung pada apakah perangkat sedang melakukan pemanasan atau pendinginan.

## 4.5 Mekanikal

Beberapa aktuator sebagian besar bersifat mekanis, seperti katrol atau sistem rak dan pinion. Gaya mekanis lain diterapkan, seperti menarik atau mendorong, dan aktuator akan memanfaatkan gerakan tunggal itu untuk menghasilkan hasil yang diinginkan. Misalnya, memutar satu roda gigi pada satu set rak dan pinion dapat memobilisasi objek dari titik A ke titik B. Gerakan menarik yang diterapkan pada katrol dapat membawa sisi lain ke atas atau menuju lokasi yang diinginkan. *Rack* dan *pinion* adalah jenis aktuator mekanikal yang bentuknya dapat dilihat pada gambar 15 berikut.



Gambar 15. Rack dan Pinion (Sumber : [www.motioncontroltips.com](http://www.motioncontroltips.com))

## 5. Cara Memilih Aktuator yang Tepat

Memahami berbagai jenis aktuator adalah langkah penting dalam perancangan sistem karena setiap jenis aktuator memiliki tujuan dan kebutuhan energi yang berbeda. Berikut ini faktor-faktor yang dapat mempermudah dalam pemilihan aktuator yang tepat:

- **Ketersediaan Sumber Daya**

Hal pertama yang harus dipertimbangkan adalah kompatibilitas sumber daya yang dimiliki. Jika lokasi industri yang akan diletakkan aktuator terdapat sumber listrik, mungkin pilihan terbaik adalah aktuator listrik. Jika tidak ada sumber listrik di area tersebut, atau menginginkan peralatan yang berfungsi penuh tanpa listrik dapat memilih jenis pneumatik atau hidrolik.

- **Gerakan**

Faktor penting lainnya saat memilih aktuator adalah rentang gerakan yang diperlukan untuk sistem tersebut. Apakah linier, putar, atau integrasi keduanya? Dengan menggunakan aktuator yang tepat dan memenuhi kebutuhan akan pergerakan sistem akan memudahkan desain atau perancangan tanpa menambahkan beberapa peralatan pendukung.

- **Presisi**

Beberapa aktuator lebih tepat daripada yang lain. Misalnya, rem udara dibuat melalui aktuator pneumatik karena tekanan udara diketahui efisien dalam memulai dan menghentikan gerakan. Aktuator lain memiliki margin variasi gerakan yang lebih besar, seperti yang dioperasikan melalui hidrolik. Setiap industri yang membutuhkan tingkat presisi tinggi untuk

keselamatan dan keberhasilan proses harus mempertimbangkan jenis aktuator yang memiliki gerakan tertentu.

- **Masalah Keamanan dan Lingkungan**

Keamanan adalah faktor lain yang perlu dipertimbangkan saat memilih aktuator untuk sistem yang dirancang. Aktuator listrik atau termal harus digunakan dengan hati-hati di area dengan suhu ekstrem atau bahaya konduksi. Misalnya, mengoperasikan aktuator listrik di dekat daerah berair tanpa adanya isolasi atau tindakan keselamatan lainnya dapat menimbulkan bahaya bagi pekerja. Jika perusahaan berkomitmen untuk mengurangi jejak karbon, harus diperhatikan dampak lingkungan setiap aktuator. Biasanya, aktuator listrik memiliki sedikit atau tidak ada jejak karbon.

- **Pedoman Resmi**

Ada juga panduan khusus yang harus diikuti untuk aktuator industri di area tertentu. Misalnya, lokasi dengan kandungan gas mudah terbakar yang tinggi harus mematuhi persyaratan yang ditetapkan oleh *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA).

Sumber:

Materi Kolaborasi Program KMMI UNY dengan Indobot Academy tahun 2021.

Materi Kolaborasi Program Digitalent Scholarship Kominfo dengan Indobot Academy tahun 2022.