



**PURWARUPA ALAT BANTU TERAPI BAGI PASIEN PASCA STROKE
BERBASIS PNEUMATIK**

Skripsi

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan Jurusan Teknik Elektro Program Studi Pendidikan Teknik
Elektro**

Oleh

Aditia Adventa

NIM. 5301415039

**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

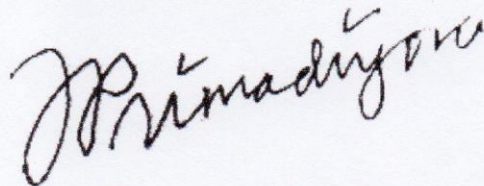
PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Aditia Adventa
NIM : 5301415039
Program Studi : S1 Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : Purwarupa Alat Bantu Terapi Bagi Pasien Pasca Stroke
Berbasis Pneumatik

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke panitia Ujian Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 21 Mei 2020

Dosen Pembimbing,



Drs. Yohanes Primadiyono, M.T.

NIP. 196209021987031002

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Purwarupa Alat Bantu Terapi Bagi Pasien Pasca Stroke Berbasis Pneumatik telah dipertahankan di depan Sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 24 Juni 2020

Oleh

Nama : Aditia Adventa
NIM : 5301415039
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro, S1

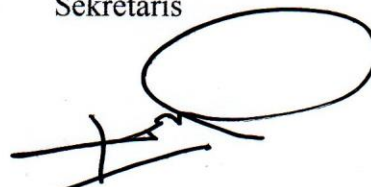
Panitia:

Ketua



Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T., IPM.
NIP.196605051997022001

Sekretaris



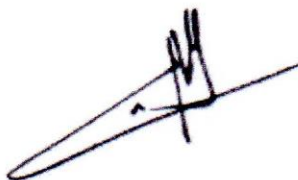
Drs. Ir. Sri Sukamta, M.Si., IPM.
NIP.196505081991031003

Penguji 1



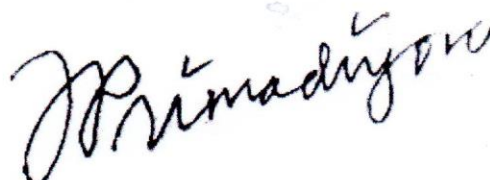
Dr. H. Noor Hudallah, M.T.
NIP. 196410161989011001

Penguji 2



Drs. Agus Suryanto, M.T.
NIP.196708181992031004

Penguji 3/Pembimbing

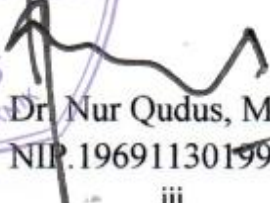


Drs. Yohanes Primadiyono, M.T.
NIP. 196209021987031002

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES




Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.
NIP.196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi yang dibuat penulis asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 21 Mei 2020

Yang membuat pernyataan,



Aulia Adventa

NIM. 5301415039

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

- Selalu membuat perspektif baik.

PERSEMBAHAN

- Orang tua tercinta bapak Sutarno dan ibu Eny Tri Ratnawati T atas segala doa, upaya, restu dan motivasi yang membantu menyemangati dalam penyusunan skripsi.
- Mas Riza Seitra Artna dan mas Artna Arindra yang memberikan arahan, bantuan, doa dan dukungannya.
- Mas Aji dan Bu Endah Sri Rejeki, dr. risa, Sp.S dan dr. Rini, Sp.RM yang menjadi narasumber ahli dalam bidang pneumatik dan ahli kesehatan
- Kakak tingkat yang bersedia membagikan pengalaman dan ilmunya serta adik tingkat psikologi yang mau mendukung dan mendengarkan keluh kesah.
- Teman rombel 2 dan 3 yang membantu memberikan tekanan.
- Kontrakan Joti, BJ kos dan Kontrakan Margasatwa yang penghuninya membantu untuk menyediakan tempat tinggal.
- Teman – teman seperjuangan KKN Desa Sidayu 2015.
- Teman – teman seperjuangan KKN Kecamatan Bandar 2015.
- Almamater Universitas Negeri Semarang dan Sma Don Bosko Semarang.

RINGKASAN

Penelitian ini dilakukan pada tahun 2020 dengan judul Purwarupa Alat Bantu Terapi bagi Pasien Pasca Stroke Berbasis Pneumatik,. Stroke merupakan salah satu penyakit yang berbahaya bagi manusia, karena akibat yang ditimbulkan dapat menyebabkan seseorang mengalami kelumpuhan. Pasien yang mengalami kelumpuhan perlu dilakukan rehabilitasi oleh fisioterapis atau dokter untuk mengembalikan fungsi gerak motorik tubuh, seiring tingginya jumlah pasien stroke di Indonesia, maka kebutuhan rehabilitasi dan tenaga medis bagi pasien pasca stroke semakin meningkat, oleh karena itu dengan perkembangan teknologi, maka berkembang pula penelitian mengenai alat yang dapat membantu pasien pasca stroke dalam melakukan rehabilitasi.

Penelitian ini mencoba mengembangkan purwarupa alat bantu terapi dengan tenaga penggerak pneumatik yang didesain dalam bentuk kursi dan berfokus pada terapi anggota gerak seperti pergelangan tangan, siku, lengan serta kaki, untuk dilakukan gerakan terapi berupa gerakan naik dan turun pada sumbu Y. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimen dengan *one shot case study* dimana purwarupa alat akan diuji kelayakan fungsinya dengan memberikan beban dari responden dan keterangan dari ahli kesehatan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik mampu berfungsi untuk melakukan gerakan terapi pada beban responden 1, 2 dan 3 dan dengan kriteria bahwa alat dapat bekerja optimal dari tekanan 4 bar hingga 8 bar dan menurut ahli, secara prinsip alat dapat berfungsi untuk membantu terapi mengembalikan fungsi motorik pasien.

Kata Kunci— Pasca stroke, Purwarupa, Pneumatik, Alat bantu, Terapi

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Purwarupa Alat Bantu Terapi Bagi Pasien Pasca Stroke Berbasis Pneumatik”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum. selaku Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Dr. Nur Qudus, M.T., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik
3. Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
4. Drs. Yohanes Primadiyono, M.T. selaku Pembimbing Skripsi yang telah bersedia membimbing dan memberikan arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T., IPM. selaku Kaprodi Pendidikan Teknik Elektro
6. Seluruh dosen dan karyawan jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
7. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan

Penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun apabila ada kesalahan dalam penulisan skripsi ini, sekian dan terima kasih.

Semarang, 21 Mei 2020

Penulis



Aditia Adventa

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I : PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah.....	5
1.4 Rumusan Masalah.....	6
1.5 Tujuan Penelitian.....	7
1.6 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II : LANDASAN TEORI	
2.1 Landasan Teori.....	8
2.2 Penelitian yang Relevan.....	39
BAB III : METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	44
3.2 Desain Penelitian.....	44
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	46
3.4 Prosedur Penelitian.....	48
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	63
3.6 Teknik Analisis Data.....	64

BAB IV : HASIL PENELITIAN	
4.1 Deskripsi Data.....	66
4.2 Hasil Penelitian	77
4.3 Pembahasan	83
BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Simpulan.....	93
5.2 Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA.....	97
LAMPIRAN	101

DAFTAR GAMBAR

1.1 Diagram Sistem Kontrol	13
1.2 Diagram Sistem Kontrol <i>Loop</i> Tertutup	14
1.3 Diagram Sistem Kontrol Rangkaian Terbuka	17
1.4 Diagram Sistem Kontrol Rangkaian Tertutup	19
1.5 Silinder Pneumatik.....	21
1.6 Rangkaian Sederhana Kerja Sistem Pneumatik.....	23
1.7 Rangkaian Aliran Udara dari Sumber sampai pada Silinder Pneumatik	23
1.8 Silinder Kerja Tunggal dan Ganda	25
1.9 <i>Air Regulator</i>	27
2.0 Tabel Penamaan dan Penomoran Katup	28
2.1 Macam Katup Kontrol Arah.....	31
2.2 Katup Pengontrol Aliran	32
2.3 <i>Silincer</i>	34
2.4 Wiring Relai 8 Channel.....	37
2.5 Papan Arduino mega2560.....	38
2.6 Wiring Arduino dengan Relai 4 Channel.....	38
2.7 Diagram Desain Penelitian.....	46
2.8 Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	49
2.9 Diagram Desain Produk	51
3.0 Desain Kursi 2D dan Prototipe menggunakan Kayu	53
3.1 Prototipe Sandaran Tangan dan Kaki	54
3.2 Wiring Pneumatik.....	54
3.3 Rangkaian Sistem Kontrol Otomatis	57
3.4 Rangkaian Sistem Kontrol Manual.....	59
3.5 Purwarupa Alat Bantu Terapi bagi Pasien Pasca Stroke.....	72
3.6 Uji Kelayakan Fungsi.....	81

DAFTAR TABEL

1.1 Metode QFD pada Alat Bantu Terapi Pasca Stroke	60
1.2 Kemampuan Angkat Beban Silinder Kerja berdasarkan Tekanan Angin.....	76
1.3 Uji Kelayakan Fungsi.....	77
1.4 Daftar Pertanyaan terhadap Ahli Medis	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain dan Foto Produk.....	101
Lampiran 2 Pembuatan Alat Bantu Terapi.....	102
Lampiran 2 Dokumentasi Uji Kelayakan Fungsi	104
Lampiran 3 Spesifikasi Relay yang Digunakan	105
Lampiran 4 Koding pada Arduino.....	106
Lampiran 5 Spesifikasi Katup Kontrol Arah	108
Lampiran 6 Spesifikasi Silinder Merk Airtac	110

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zaman modern seperti sekarang tuntutan akan pekerjaan maupun tantangan hidup semakin kompleks, hal ini mempengaruhi pada gaya hidup masyarakat modern yang menginginkan hasil dengan cepat. Perubahan gaya hidup masyarakat modern mengakibatkan timbulnya berbagai efek samping, sebagai contoh perubahan pola makan, masyarakat modern cenderung mencari makanan yang siap saji tanpa memikirkan kandungan gizi didalam makanan tersebut, kemudian pola tidur yang tidak teratur, terlalu banyak pikiran dalam masalah pekerjaan atau masalah keluarga yang dapat menyebabkan stres dan seringkali cara yang dipakai untuk menghilangkan stres serta masalah yang menimpa masyarakat modern menjurus kearah yang negatif, contohnya merokok dan minum - minuman beralkohol, faktor yang telah dijelaskan tersebut dapat memicu timbulnya salah satu penyakit berbahaya yaitu penyakit stroke. Menurut (Fan, et al., 2019: 182), menemukan bahwa merokok merupakan salah satu penyebab terbesar terjadinya stroke iskemik dalam sebuah keluarga.

Penyakit stroke menurut (*American Stroke Association (ASA) 2013: 2065*) merupakan penyakit yang terjadi karena adanya penyumbatan dalam aliran darah yang menuju ke otak, akibatnya terjadi gangguan motorik berupa kelumpuhan salah satu sisi atau kelumpuhan total, stroke merupakan salah satu penyakit yang

berbahaya bahkan mematikan. Indonesia merupakan negara dengan angka kematian akibat stroke terbesar kedua di Asia yaitu mencapai 193,3 – 100.000 orang pertahunnya (Venketasubramanian, et al., 2017: 287), sedangkan menurut data (Riskeddas Kemenkes, 2013) nilai prevalensi tahun 2013 untuk jumlah pasien stroke pada umur lebih dari sama dengan 15 tahun adalah 7% atau sekitar 1.236.825 penderita dan orang yang mengalami gejala stroke sebanyak 2.137.941 orang. Menurut data pada tahun 2015 di Semarang setidaknya telah terjadi 1885 kasus stroke, baik stroke dengan sebab iskemik ataupun hemoragik (Dinkes Kota Semarang, 2015).

Penderita stroke umumnya mengalami gangguan fungsi gerak tubuh sebagian maupun total yang disebabkan adanya penyumbatan aliran darah menuju ke otak. Menurut Harsono (1996 dalam Okti dan Arina 2008 : 44) dalam prinsip rehabilitasi, perlu dilakukan rehabilitasi yang berupa terapi fungsi fisik sedini mungkin bahkan ketika pertama kali dokter melihat pasien. Terapi pada penderita pasca stroke dapat dilakukan secara manual menggunakan jasa terapis ataupun dengan bantuan alat terapi. Banyak penelitian yang telah dikembangkan untuk membantu pasien pasca stroke dalam melakukan terapi, penelitian yang dikembangkan dapat menggunakan pendekatan *game/virtual reality* atau menciptakan sebuah alat penunjang terapi yang tenaga penggerakannya dapat menggunakan motor listrik atau servo. Penelitian ini berusaha mengembangkan dan merancang sebuah purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke yang menggunakan sistem penggerak udara atau sistem pneumatik sebagai penggerakannya. Sistem pneumatik secara garis besar merupakan aktuator atau

penggerak yang memanfaatkan udara bertekanan sebagai sumber tenaga. Pneumatik dipilih karena sesuai dengan tugasnya yaitu sebagai tenaga penggerak bagi alat kerja/*plant* yang memerlukan gerakan linear, selain itu pneumatik perawatannya lebih mudah dan juga aman.

Kelemahan pada penelitian sebelumnya yang hanya berfokus pada salah satu bagian anggota gerak yang akan diterapi contohnya pada penelitian Kristanto, et al., 2015, Christian, et al., 2017, Syareza, et al., 2018, Saposnik, et al., 2010, yang mengembangkan alat bantu terapi pada bagian tangan, sedangkan untuk penelitian Daldiri, et al., 2017 mengembangkan alat bantu yang berfokus pada terapi jari dan pada penelitian Putra, et al., 2017 berfokus mengembangkan alat bantu terapi untuk bagian terapi kaki, dari keenam penelitian tersebut semuanya hanya menciptakan alat bantu terapinya saja sedangkan alat penunjang untuk kenyamanan seperti kursi atau tempat tidur tidak dirancang. Kelemahan pada penelitian sebelumnya membuat penulis tertarik merancang purwarupa alat terapi yang harapannya mampu membantu pasien pasca stroke melakukan gerakan terapi pada anggota gerak atas dan bawah dengan sistem penggerak gerakan terapi menggunakan sistem pneumatik serta melalui desain alat terapi yang tergabung dengan kursi berfungsi untuk menambah kenyamanan bagi pasien dan kemudahan mobilitas pasien.

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dari judul purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik adalah:

1. Jumlah penderita stroke meningkat secara drastis dalam 5 tahun terakhir, menurut data riskesdas pada tahun 2018 yang dikeluarkan kemenkes, nilai prevalensinya meningkat dari 7 % pada tahun 2013 menjadi 10 % pada tahun 2018 padahal jumlah pasien tahun 2013 mencapai lebih dari 1 juta pasien stroke, bahkan stroke sudah muncul pada usia muda kisaran umur 15 – 24 tahun (Ghani, et al., 2016: 57).
2. Pasca sakit stroke harus menjalani terapi yang memerlukan biaya yang tidak sedikit dan dikarenakan jumlah pasien pasca sakit stroke yang meningkat mengakibatkan kebutuhan akan terapis meningkat pula sedangkan jumlah terapis sangat terbatas, dikarenakan terapi asistif bagi pasien pasca sakit stroke masih mengandalkan terapi secara manual tanpa bantuan dari alat bantu terapi.
3. Pengembangan teknologi terkait alat bantu terapi hanya terbatas pada anggota gerak atas atau bawah saja, yang menyulitkan apabila pasien pasca stroke ingin melakukan terapi mandiri pada anggota gerak atas dan bawah secara bersamaan. Rata – rata penelitian sebelumnya juga tidak dilengkapi dengan alat penunjang kenyamanan seperti kursi, hal ini terlihat pada penelitian dari (Syareza, et al., 2018) selain itu tidak adanya alat penunjang kenyamanan seperti kursi mengakibatkan kemudahan penggunaan alat terapi menjadi berkurang dan mobilitas pasien juga terhambat.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan permasalahan bertujuan supaya lebih terarah dan menyesuaikan kemampuan serta keterbatasan peneliti tanpa menghilangkan makna, konsep atau topik yang diteliti, maka masalah dibatasi pada:

1. Purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik hanya menggunakan sistem pneumatik sebagai penggerak atau aktuator.
2. Purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik dirancang hanya untuk melayani pasien pasca stroke yang mengalami kehilangan fungsi gerak partial pada bagian tubuh sebelah kiri.
3. Purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik hanya bisa menjalankan fungsinya pada saat pasien dalam kondisi duduk.
4. Purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik hanya bergerak pada sumbu Y atau bergerak lurus ke atas dan lurus ke bawah.
5. Dudukan pada alat bantu terapi untuk tangan dan kaki tidak dapat di atur panjang atau pendeknya.
6. Purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik mencontoh tipe terapi asistif (terapi tersebut membutuhkan bantuan dokter atau terapis) sehingga alat terapi ini melengkapi fungsi atau peran dari terapis dalam melakukan terapi tipe asistif.
7. Gerakan terapi yang dapat dilakukan purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke antara lain: terapi lengan fleksi, siku fleksi, pergelangan tangan, siku kaki fleksi/ekstensi. Alat tersebut menyediakan 2 mode yaitu mode manual dan

otomatis. Kecepatan silinder pneumatik hanya bisa diatur secara manual melalui kran pada katup kontrol arah.

8. Sumber energi udara bertekanan untuk mengoperasikan sistem pneumatik dihasilkan hanya oleh kompresor listrik dan disimpan pada tangki penyimpanan kompresor listrik.

9. Penyangga anggota gerak untuk terapi pada alat bersifat tetap artinya tidak dapat diubah ukurannya sesuai keinginan.

10. Alat bantu terapi pasien pasca stroke berbasis pneumatik hanya berada pada sisi kiri kursi dan tidak dapat dipindahkan ke sisi kanan, artinya alat permanen disisi sebelah kiri.

11. Penelitian ini hanya melakukan pengujian terhadap responden sehat dan belum diujikan pada pasien stroke secara langsung karena menurut ahli kesehatan alat harus diuji keamanannya oleh tim dokter sebelum di ujicobakan dan penelitian telah selesai apabila alat sudah melewati uji kelayakan fungsi dari kinerja sistem pneumatik.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dibahas, maka rumusan masalah yang dapat disusun sebagai berikut:

1. Bagaimana proses merencanakan, mendesain dan merangkai sistem pneumatik pada purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik ?
2. Bagaimana cara kerja dan kemampuan kerja purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik ?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah :

1. Mampu memberikan penjelasan mengenai proses perencanaan, desain dan rangkaian sistem pneumatik pada purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik.
2. Mampu memberikan penjelasan mengenai cara kerja dan kemampuan kerja purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh apabila penelitian mengenai purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik mendapat hasil yang positif adalah :

1. Diharapkan penelitian mengenai pembuatan purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik kedepannya dapat membantu bagi pasien untuk melakukan terapi.
2. Diharapkan penelitian purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik dapat memberikan informasi mengenai spesifikasi produk terutama terkait dengan penggunaan pneumatik sebagai penggeraknya.
3. Bahan acuan bagi mahasiswa maupun umum untuk terus mengembangkan alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik.

BAB II

LANDASAN TEORI DAN PENELITIAN YANG RELEVAN

2.1. Landasan teori

Landasan teori berisi tentang teori – teori pendukung yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya sebagai berikut:

2.1.1 Alat Bantu Stroke

Alat bantu merupakan alat yang berfungsi untuk menunjang kebutuhan hidup manusia. Pasien pasca stroke mengalami fase kelumpuhan *fokal* ataupun *global* dimana anggota gerakannya minim respon dan sulit digerakkan, oleh karena itu pasien pasca stroke memerlukan alat bantu yang dapat digunakan untuk membantu melakukan terapi anggota gerak agar dapat pulih dan beraktivitas sesuai dengan yang diharapkan. Penelitian ini menyajikan rancangan dan implementasi dari alat bantu terapi yang harapannya dapat teruji validitasnya dalam hal keamanan dan kelayakan fungsinya.

2.1.2 Stroke

Stroke merupakan penyakit yang masuk kedalam golongan penyakit tidak menular. Menurut WHO (1970 dalam Coupland, et al., 2017: 10) “*rapidly developed clinical signs of focal (or global) disturbance of cerebral function, lasting more than 24 hours or leading to death, with no apparent cause other than of vascular origin*” atau menyatakan bahwa stroke merupakan gangguan

kesehatan yang memiliki gejala berupa gangguan fungsi otak secara *fokal*/sebagian maupun global, yang dapat menyebabkan kecacatan bahkan kematian, menetap selama 24 jam, tanpa adanya gangguan lain selain gangguan vaskular.

Menurut Wirawan (2009: 62) stroke dapat terjadi dengan pola yang khas, dengan variasi secara individual tergantung ukuran pembuluh darah, pola aliran darah atau luasnya kerusakan aliran darah ke otak.

Jenis stroke berdasarkan penyebabnya digolongkan menjadi 2 yaitu:

1. Stroke iskemik

Stroke yang terjadi akibat adanya sumbatan berupa bekuan darah yang menyumbat aliran darah menuju ke otak. Bekuan darah dapat diakibatkan oleh timbunan lemak yang berada di dalam pembuluh darah.

2. Stroke hemoragik

Stroke hemoragik dapat terjadi apabila pembuluh darah yang berada di dalam otak mengalami kebocoran atau pecah. Stroke ini dapat terjadi karena beberapa faktor diantaranya adalah tekanan darah tinggi (*hipertensi*), adanya titik – titik lemah pada dinding pembuluh darah di otak dan pecahnya pembuluh darah arteri yang berada di dalam otak. Stroke hemoragik menyumbang 13 % dari total kasus stroke yang ada.

Stroke merupakan penyakit yang berbahaya, selain menyebabkan kematian, stroke juga dapat menyebabkan kelumpuhan pada pasien stroke. Tahun 2015 di Semarang setidaknya telah terjadi 1885 kasus stroke, baik stroke dengan sebab iskemik ataupun hemoragik (Dinkes Kota Semarang, 2015).

2.1.3 Rehabilitasi pada penderita pasca stroke

Rehabilitasi pada pasien pasca stroke dilakukan setelah pasien tersebut sudah dinyatakan sembuh secara medis dengan indikator kondisi klinis neurologis dan hemodinamik dalam keadaan stabil (Okti dan Arina (2008: 44), atau dinamakan rehabilitasi pasca sakit stroke. Rehabilitasi merupakan suatu program yang dilaksanakan untuk membantu pasien yang mengalami disabilitas fisik atau penyakit kronis supaya dapat pulih dan kembali bekerja sesuai dengan kemampuannya. Salah satu rehabilitasi yang dilaksanakan kepada pasien pasca sakit stroke adalah rehabilitasi vokasional, rehabilitasi ini adalah sebuah upaya untuk mengembalikan kemampuan motorik pasien pasca sakit stroke supaya dapat melaksanakan pekerjaan sesuai kemampuannya. Rehabilitasi sedini mungkin sangat diperlukan bagi pasien pasca stroke, selain itu rehabilitasi harus dilakukan dengan teratur agar secara bertahap dapat mengembalikan fungsi motorik pasien pasca stroke hingga pasien dinyatakan sembuh total dari gangguan fungsi motorik.

Salah satu metode rehabilitasi adalah dengan melakukan terapi fisik pada pasien pasca stroke, terapi ini dapat meningkatkan fungsi gerak bagian bawah dan atas, keseimbangan badan dan kemampuan berjalan serta kualitas hidup pasien pasca stroke. Terapi dapat dilakukan dengan metode terapi aktif asistif dimana pasien menggerakkan tubuhnya yang dibantu dengan terapis atau alat bantu khusus (Sulistiawan dan Husna, 2014: 30).

Menurut Hoeman (1996 dalam Okti dan Arina 2008: 45) latihan fisik pada anggota gerak bagian atas meliputi:

1. Fleksi

Gerakan fleksi dilakukan pasien pasca stroke dengan bantuan dari tenaga medis, dimana gerakannya yaitu mengangkat lengan dengan siku dan pergelangan tangan dalam posisi lurus keatas melewati kepala pasien kemudian tangan di istirahatkan dengan posisi tersebut.

2. Siku fleksi

Pasien pasca stroke dibantu dengan tenaga medis yang mendukung pada bagian siku dan pergelangan tangan, kemudian tekuk bagian siku hingga menyentuh lengan atas, kemudian siku kembali diluruskan.

3. Pergelangan tangan

Pasien pasca stroke melakukan gerakan yang didukung oleh petugas medis pada bagian pergelangan tangan dan jari, kemudian tekuk pergelangan kedepan dan jari pada posisi menggenggam, kemudian pergelangan tangan ditekuk kebelakang dan tegakkan jari pasien.

4. Jari fleksi

Pasien didukung oleh tenaga medis untuk melakukan gerakan menggenggam, kemudian melepaskannya.

Latihan gerak bawah meliputi :

1. Lutut fleksi/ekstensi

Dukung kaki bila perlu tumit dan belakang lutut, tekuk setinggi 90 derajat dan luruskan lutut.

Pasien selain diharuskan untuk melakukan terapi pada anggota gerak atas dan bawah, diharuskan pula untuk melakukan terapi duduk, hal ini berguna untuk menunjang terapi pada anggota gerak bagian atas dan bawah.

2.1.4 Sistem kontrol

2.1.4.1 Pengertian sistem kontrol

Pengertian dari sistem dan kontrol itu sendiri adalah:

a) Sistem

Sistem merupakan kumpulan prosedur yang saling berhubungan, berguna untuk menyelesaikan suatu tujuan atau sasaran tertentu.

b) Kontrol

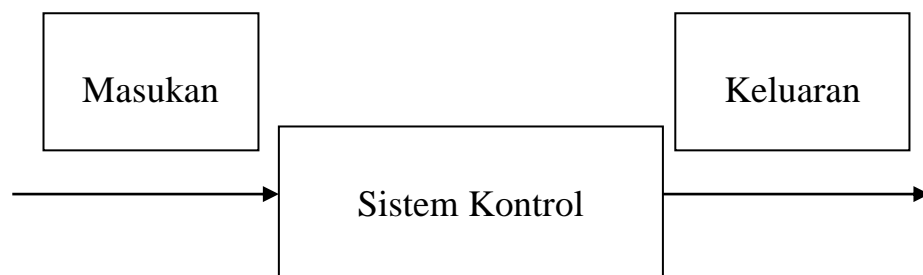
Kontrol merupakan upaya untuk mencapai kondisi tertentu atau kondisi yang diinginkan dengan mengubah variabel tertentu.

Sistem kontrol merupakan kumpulan prosedur yang bertujuan untuk melakukan pengendalian supaya dapat menghasilkan besaran yang diinginkan. Penerapan sistem kontrol sangat diperlukan dalam aspek teknologi. Sistem kontrol diciptakan bertujuan agar mempermudah pekerjaan manusia, sebagai contoh dalam kehidupan kita sehari – hari adalah mengontrol pendingin ruangan, dimana kita dengan mudah mengatur suhu yang kita inginkan, mengatur kecepatan kipas,

arah hembusan dll, hanya dalam satu remot saja, dalam skala besar dapat kita ambil contoh adalah otomasi industri, yang semula pekerjaan dilakukan secara manual, sekarang dengan adanya sistem kontrol memudahkan pengoperasian alat untuk menciptakan efisiensi dalam produksi dan dapat meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan yang memberikan banyak manfaat dan keuntungan.

2.1.4.2 Tujuan sistem kontrol

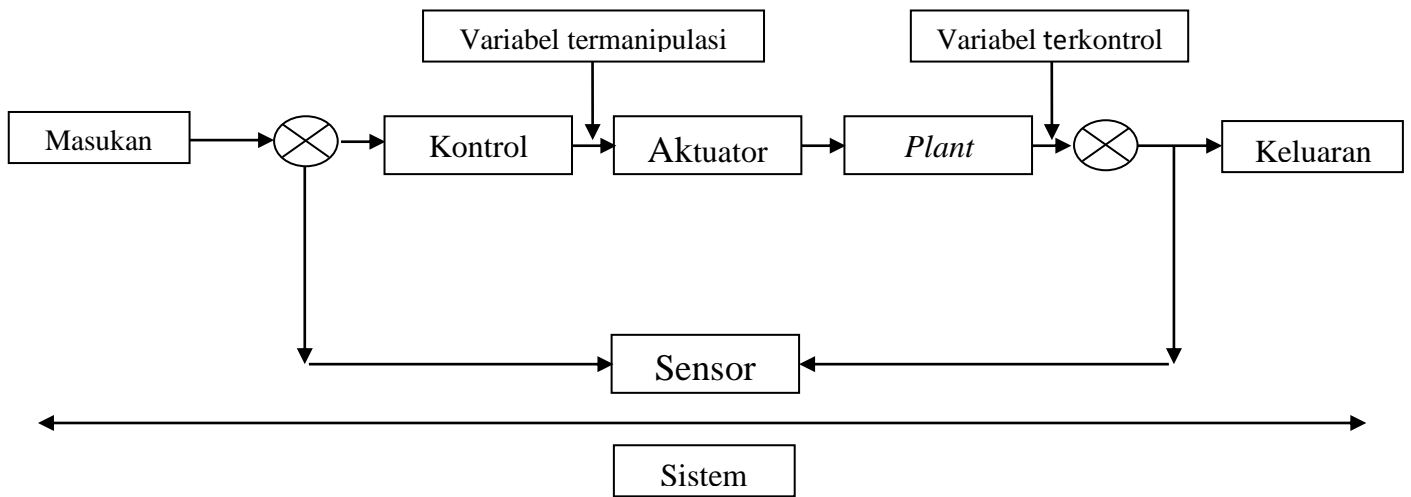
Tujuan dari sistem kontrol yaitu melakukan kontrol atau pengaturan pada keluaran sistem (*output*), yang mengacu pada kondisi atau keadaan yang telah ditetapkan oleh masukan (*input*) melalui beberapa proses yang berlangsung di berbagai elemen komponen.



Gambar 1.1. Diagram Sistem Kontrol

Tujuan dari sistem kontrol seperti yang dijelaskan diatas adalah untuk melakukan kontrol atau pengaturan pada keluaran sistem, oleh karena itu hasil dari keluaran sangat dipengaruhi oleh proses yang dilakukan oleh sistem kontrol itu sendiri.

2.1.4.3 Definisi istilah dalam sistem kontrol



Gambar 1.2. Diagram Sistem Kontrol *Loop* Tertutup

Gambar diatas merupakan contoh sistem kontrol *loop* tertutup, yang memiliki pemrosesan yang kompleks, dari contoh diatas diketahui beberapa istilah yang perlu untuk didefinisikan lagi antara lain:

1. Sistem

Sistem merupakan rangkaian komponen dan proses yang saling bekerja sama untuk membentuk keluaran (*output*) yang diinginkan.

2. Variabel

Variabel merupakan besaran yang nilainya dapat berubah – ubah. Menurut Negara (2016: 5) variabel dapat diklasifikasikan menjadi 3 yaitu variabel manipulasi yang dapat mempengaruhi nilai dari variabel dikontrol melalui kontroler. Variabel dikontrol adalah keadaan atau nilai yang dikontrol atau diatur

dan variabel *exogenous* yaitu variabel luar yang mempengaruhi jalannya sistem kontrol.

3. Kontrol

Kontrol berfungsi sebagai media pengukuran nilai dari variabel terkontrol atau keluaran (*output*), kemudian hasil dari pengukuran akan diterapkan pada variabel termanipulasi untuk mengkoreksi atau mengurangi selisih yang terjadi terhadap nilai keluaran yang hendak dicapai, sehingga intinya sistem kontrol akan berusaha untuk meminimalkan selisih antara nilai *set point* dan nilai dari keluaran.

4. Plant

Plant merupakan sebuah objek fisik yang menjadi bahan untuk dikontrol oleh aktuator.

5. Aktuator

Aktuator merupakan peralatan atau gabungan dari beberapa komponen yang mampu untuk menggerakkan atau bekerja terhadap plant, contohnya adalah motor listrik, pneumatik dan hidrolik.

6. Kontroler

Kontroler merupakan sebuah alat atau cara untuk mengolah nilai dari *set point* atau nilai masukan, sehingga didapatkan nilai keluaran yang memiliki nilai yang sama atau mendekati dengan nilai dari *set point*.

7. Sensor

Sensor merupakan komponen yang berfungsi untuk melakukan pengukuran terhadap nilai dari keluaran, kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan nilai pada masukan, apabila terjadi selisih yang besar antara kedua nilai tersebut maka kontroler akan berusaha untuk mencapai atau mendekati nilai masukan tersebut.

8. Kontrol umpan balik

Berfungsi untuk memberikan informasi nilai keluaran kepada sensor agar dapat diukur oleh sensor, sehingga nantinya akan terdapat operasi untuk mengurangi perbedaan antara nilai keluaran dan nilai masukan.

9. Gangguan

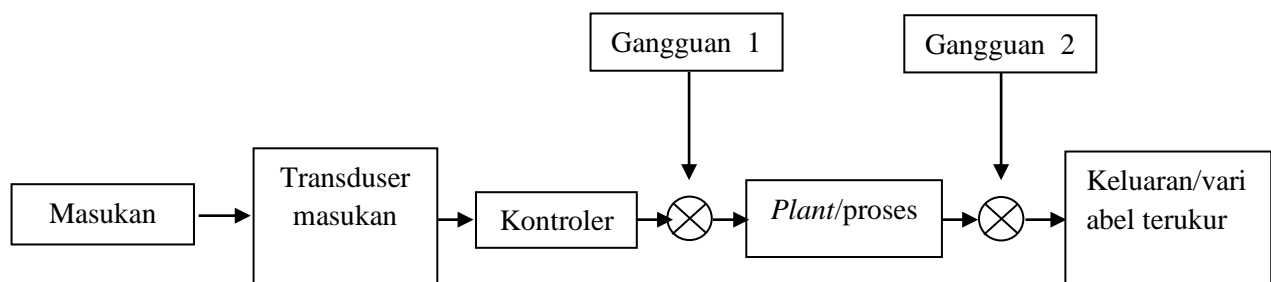
Gangguan merupakan sinyal yang dapat mempengaruhi nilai yang dihasilkan oleh keluaran. Gangguan dapat dihasilkan dari faktor internal atau eksternal.

2.1.4.4 Sistem kontrol rangkaian terbuka dan sistem kontrol rangkaian tertutup

1. Sistem kontrol rangkaian terbuka

Sistem kontrol rangkaian terbuka merupakan sistem kontrol yang memiliki karakteristik yaitu nilai keluaran (*output*) tidak dapat mempengaruhi aksi pengontrolan (Ogata, 1970: 6), dengan kata lain sistem kontrol rangkaian terbuka tidak dapat mengoreksi dan memperbaiki perbandingan antara nilai masukan dan

nilai keluaran, sehingga nilai dari keluaran akan dapat dengan mudah terpengaruh oleh gangguan atau definisi lainnya yaitu sinyal keluaran tidak diukur atau tidak ada proses umpan balik sehingga nilai dari sinyal masukan dan keluaran tidak dapat dibandingkan, berikut ini adalah contoh gambar dari sistem rangkaian terbuka.



Gambar 1.3. Diagram Sistem Kontrol Rangkaian Terbuka

Gambar diatas dapat menjelaskan sistem kerja atau prinsip kerja dari sistem kontrol rangkaian terbuka, secara singkat dapat dijelaskan bahwa sistem tersebut dimulai dengan referensi atau masukan yang kemudian diolah dan disesuaikan sinyalnya oleh transduser agar sinyal dapat diterima oleh kontroler, kemudian kontroler mengendalikan *plant*, sehingga menghasilkan output yang mendekati masukan yang diinginkan. Karakteristik dari sistem kontrol rangkaian terbuka bahwa gangguan 1 dan gangguan 2 akan ditambahkan ke dalam sinyal sehingga dapat mempengaruhi secara signifikan kontroler dan keluaran. Tidak adanya umpan balik yang dapat mengoreksi perbandingan antara masukan dan keluaran, yang berakibat dihasilkannya keluaran yang kurang mendekati dengan masukan yang diinginkan. Contohnya adalah apabila kita analogikan kontrol adalah sebuah sistem penguat suara, dan gangguan 1 serta gangguan 2 adalah

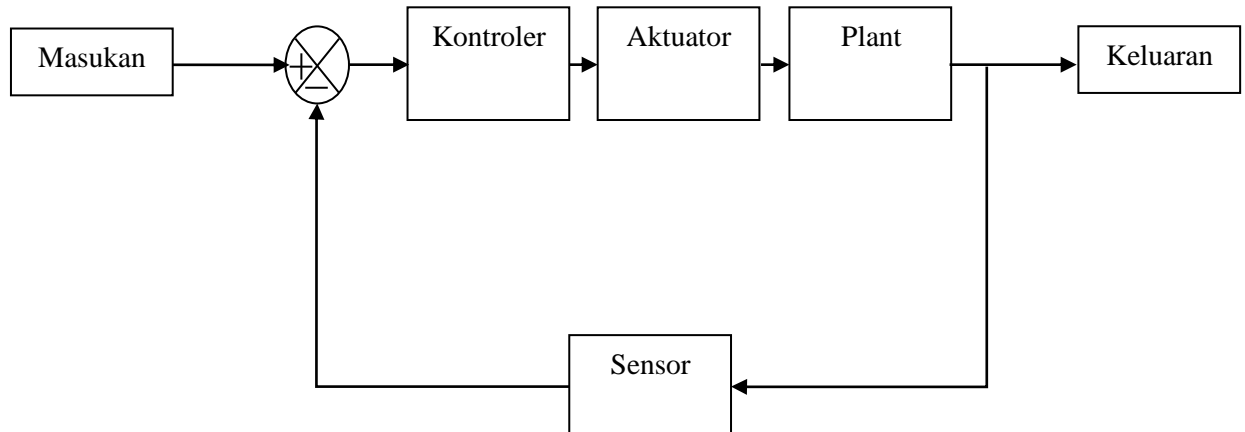
kebisingan, maka sinyal dari kebisingan akan ditambahkan ke dalam sinyal kontroler yang nantinya dapat merusak sinyal yang akan dikirim ke *plant* dan tentunya akan merusak nilai dari keluaran, jadi pada intinya sistem kontrol rangkaian terbuka tidak dapat membandingkan nilai masukan dan nilai keluaran untuk dilakukan pengukuran dan umpan balik ke kontroler sehingga timbul persyaratan khusus dimana sebuah peralatan atau sistem yang akan menggunakan sistem kontrol rangkaian terbuka, yaitu:

- a) Nilai masukan atau *input* memiliki suatu kondisi operasi yang tetap.
- b) Sistem kontrol rangkaian terbuka harus dikalibrasi dengan teliti untuk meningkatkan ketelitian sehingga fungsi dari sistem tetap berjalan dengan baik.
- c) Sistem kontrol rangkaian terbuka dapat digunakan hanya jika hubungan masukan dan keluaran diketahui dan memiliki minim gangguan.

2. Sistem kontrol rangkaian tertutup

Sistem kontrol rangkaian tertutup menurut Soleh (2013: 14) merupakan proses yang terjadi terus – menerus dimana variabel terkontrol atau nilai keluaran, secara kontinu diukur dan dibandingkan dengan variabel lain. Perbandingan terjadi antara variabel termanipulasi atau nilai masukan dengan nilai keluaran, sehingga tercipta hasil perbandingan antara nilai keluaran dan masukan yang kemudian hasil ini dimodifikasi melalui aksi kontrol umpan balik untuk diproses oleh kontroler sehingga hasil dari nilai keluaran dan nilai masukan mempunyai nilai perbandingan yang sama atau mendekati. Tujuan dari sistem kontrol

rangkaian tertutup ini adalah menyesuaikan antara variabel terkontrol atau nilai keluaran dengan nilai yang telah ditentukan oleh variabel perintah atau nilai masukan.



Gambar 1.4. Diagram Sistem Kontrol Rangkaian Tertutup

Gambar diatas merupakan gambaran umum dari sistem kontrol rangkaian tertutup, dimana masukan atau referensi atau *set point* yang dikehendaki diolah oleh kontroler, kemudian kontroler menggerakkan aktuator yang bekerja dengan *plant* untuk menghasilkan *output*, sensor kemudian membaca keluaran tersebut dan mulai untuk melakukan perbandingan nilai dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat menjalankan kontroler. Perbedaan antara nilai masukan dan nilai keluaran disebut dengan nilai atau sinyal kesalahan atau sinyal penggerak, yang nantinya dapat mengaktifkan kembali elemen kendali sampai sinyal kesalahan tidak muncul.

Intinya prinsip kerja sistem kontrol rangkaian tertutup yaitu dengan mengukur nilai keluaran menggunakan sistem sensor, kemudian hasil dari nilai keluaran tersebut akan dikembalikan ke persimpangan penjumlahan untuk dibandingkan nilainya antara nilai keluaran dan nilai masukan, jika ada perbedaan

nilai antara keduanya, maka sistem akan mendorong elemen kendali untuk bekerja menyamakan perbedaan, jika tidak ada perbedaan antara kedua nilainya, maka sistem dianggap telah berhasil dan sistem hanya bekerja untuk menjaga supaya nilai antara keduanya tidak mengalami perbedaan kembali.

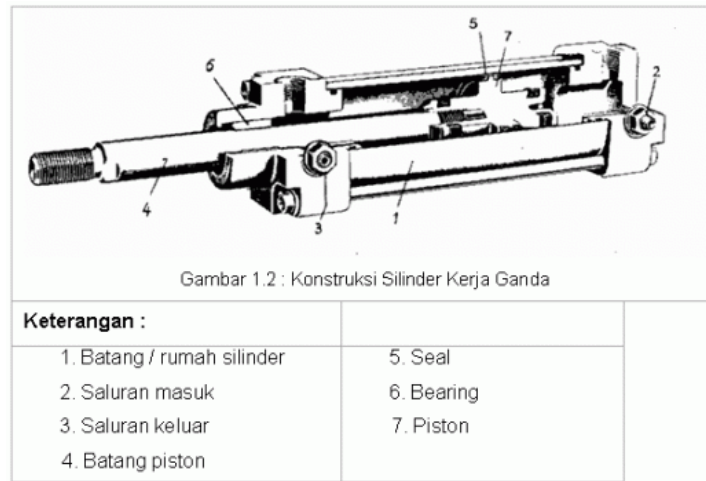
Sistem kontrol rangkaian tertutup memiliki beberapa keuntungan diantaranya adalah memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan sistem kontrol tersebut lebih peka terhadap gangguan dari faktor eksternal.

2.1.5 Pneumatik

2.1.5.1 Pengertian pneumatik

Pneumatik menurut Krist (1979: 1) merupakan pengetahuan tentang udara yang bergerak, keseimbangan udara dan syarat keseimbangan udara serta bagaimana memanfaatkan udara mampat untuk melakukan aksi. Kesimpulannya bahwa pengertian dari pneumatik merupakan sebuah alat atau pengetahuan, dimana menggunakan udara atau fluida yang dimampatkan sehingga menghasilkan tekanan, berfungsi sebagai penggerak atau aktuator yang dapat melakukan berbagai macam pekerjaan, sering kali diaplikasikan di industri.

Sistem pneumatik dapat efektif bekerja menurut Wirawan dan Pramono (2012: 459) pada batas – batas tertentu, efektifnya pneumatik bekerja menggunakan diameter piston antara 6 – 320 mm dengan panjang langkah mencapai 1 – 2.000 mm, dengan tekanan udara berkisar antara 2 – 15 bar.



Gambar 1.5. Kontruksi Silinder Kerja Ganda Pneumatik

Sumber : <https://maswie2000.wordpress.com/>

2.1.5.2 Udara kempa (udara yang dimampatkan)

Pneumatik merupakan salah satu media penggerak atau aktuator yang dapat digunakan untuk menggerakkan *plant* pada sistem kontrol. Sistem pneumatik juga sama halnya dengan penggerak atau aktuator lain, seperti motor listrik dan hidrolik yang membutuhkan tenaga untuk membantu penggerak dalam bekerja, pada motor listrik membutuhkan arus listrik dan pada hidrolik menggunakan cairan hidrolik, begitu juga dengan pneumatik yang menggunakan udara sebagai tenaga penggeraknya. Udara termasuk dalam golongan fluida karena mengacu pada sifat gas yang dapat mengalir dan dapat dikempa atau dimampatkan. Sistem pneumatik hanya bisa berfungsi apabila udara sudah melewati proses kempa atau dimampatkan, karena udara tersebut menghasilkan tekanan yang dapat menggerakkan silinder kerja, selain digunakan dalam sistem pneumatik, udara kempa juga dipakai di berbagai bidang seperti pada ban mobil atau motor, cat semprot dan kebanyakan digunakan pada bengkel untuk bor pneumatis.

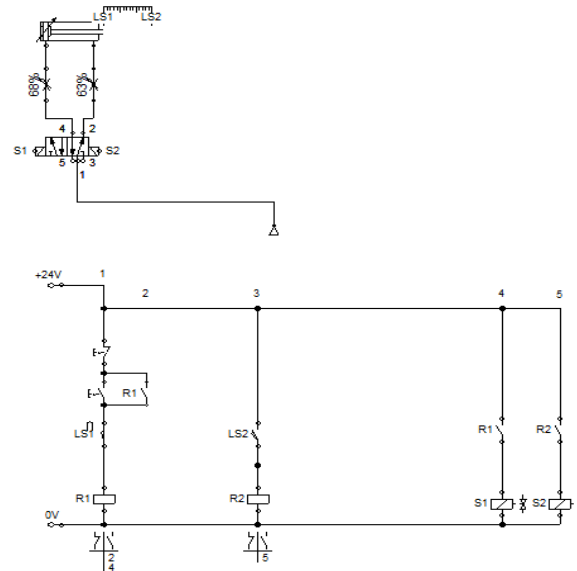
Menurut Wirawan dan Pramono (2004 : 458) karakteristik udara selalu mengikuti hukum yang berlaku pada udara diantaranya adalah:

1. Udara mengalir dari tekanan yang tinggi menuju ke tekanan yang rendah
2. Volume udara tidak tetap
3. Udara dapat dikempa atau dipadatkan
4. Berat jenis udara $1,3 \text{ kg/m}^2$
5. Udara sejatinya tidak berwarna

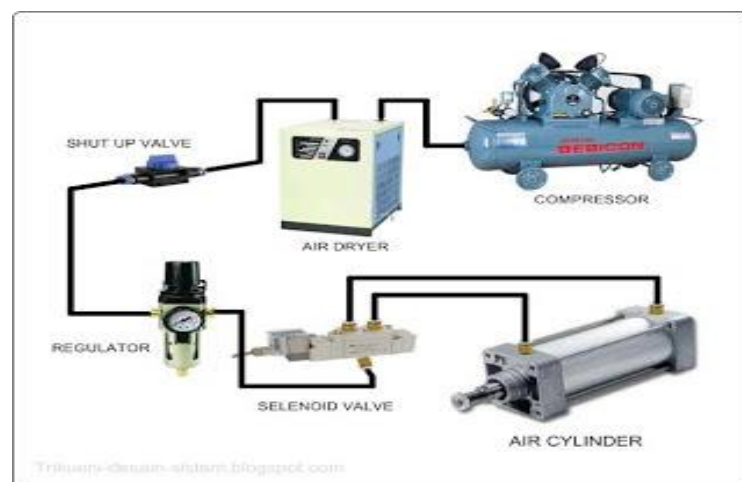
2.1.5.3 Prinsip kerja pneumatik

Pneumatik merupakan aktuator atau penggerak yang menggunakan tenaga udara sebagai sumber energinya. Tenaga udara yang diperlukan harus melewati proses pemampatan sehingga menghasilkan udara yang memiliki tekanan. Udara bertekanan ini dihasilkan oleh kompresor udara, udara tersebut harus kering dan bersih untuk menghindari adanya korosi pada bagian dalam silinder dan adanya penyumbatan aliran udara karena debu dan kotoran (Sudaryono, 2013: 26). Udara yang bertekanan ini disalurkan ke lubang input pada pneumatik, sehingga dapat menghasilkan gaya dorong yang cukup kuat untuk menggerakkan piston secara linear keluar dari rumah silinder, untuk sistem gerak kembali piston ke posisi awal dapat terjadi dengan berbagai cara tergantung jenis dari pneumatik yang dipilih. Gerak kembali piston dapat terjadi karena ada mekanisme pegas atau memanfaatkan udara bertekanan yang disalurkan melalui lubang *output*, kemudian udara bertekanan pada lubang input dikeluarkan ke atmosfer, sehingga

piston dapat bergerak mundur atau kembali pada posisi awal, untuk pneumatik jenis ini memiliki 2 lubang yang berguna sebagai input dan output udara bertekanan.



Gambar 1.6. Rangkaian Sederhana Kerja Sistem Pneumatik



Gambar 1.7. Rangkaian Aliran Udara dari Sumber sampai Silinder Pneumatik

Sumber : <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.com/>

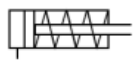


2.1.5.4 Silinder kerja pneumatik

Prinsip kerja pneumatik adalah dengan memanfaatkan udara bertekanan yang sering disebut dengan tenaga pneumatik (piston), diubah menjadi gerakan linear bolak-balik dan gerakan putar. Gerakan linear bolak – balik dikelompokkan menjadi 2, yaitu silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda. Berikut adalah penjelasan mengenai silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda.

1. Silinder kerja tunggal

Silinder kerja tunggal merupakan jenis silinder kerja pneumatik yang hanya memiliki satu *port* atau satu lubang untuk masuk udara bertekanan. Silinder jenis ini menggunakan udara kempa untuk mendorong atau menggerakkan piston dalam satu arah saja, umumnya didorong bergerak keluar, sedangkan piston dapat kembali dengan memanfaatkan sistem pegas yang akan mendorong piston kembali pada posisi awal.

Prinsip kerja dari silinder kerja tunggal ini adalah ketika udara bertekanan masuk melewati lubang input pada pneumatik, udara bertekanan akan mendorong piston bersama dengan pegasnya, bergerak ke luar dari rumah silinder, kemudian piston dapat kembali ke posisi awal memanfaatkan mekanisme pegas yang sudah terpasang pada piston, dikarenakan menggunakan mekanisme pegas, maka udara kempa yang dibutuhkan pada saat mendorong piston jauh lebih besar dibandingkan jika menggunakan silinder kerja ganda karena udara bertekanan butuh tenaga besar untuk mendorong piston yang telah terpasang pegas.

SIMBOL	NAMA KOMPONEN
	Silinder kerja tunggal
	Silinder kerja tunggal , piston dengan magnet tetap
	Silinder kerja ganda

Gambar 1.8. Silinder Kerja Tunggal dan Ganda

Sumber : <https://jayapresisiengineering.wordpress.com/2018/06/22/pneumatik-pneumatic-12-0/>

2. Silinder kerja ganda

Silinder kerja ganda merupakan salah satu jenis pneumatik yang memiliki 2 *port* atau 2 lubang, yang berguna sebagai *instroke* dan *outstroke* udara bertekanan. Silinder jenis ini, semua pergerakan piston (masuk dan keluar rumah silinder) diatur oleh udara bertekanan.

Prinsip kerja dari pneumatik silinder kerja ganda adalah udara bertekanan masuk pada lubang input atau sisi *instroke*, sedangkan pada lubang output udara dibuang atau terbuka ke atmosfer, menyebabkan udara bertekanan akan mendorong piston bergerak maju keluar dari rumah silinder sampai pada posisi maksimum dan piston akan berhenti, untuk gerakan piston kembali ke posisi awal, udara akan masuk melalui lubang output dan pada lubang input udara bertekanan dilepaskan ke atmosfer, yang menyebabkan udara bertekanan akan mendorong piston masuk kembali ke posisi awal. Silinder kerja ganda juga memerlukan katup pengontrol yang lebih kompleks.

2.1.5.5 Komponen utama sistem pneumatik

1. Daya

Sumber tenaga dari sistem pneumatik berasal dari udara bertekanan yang dihasilkan dari beberapa komponen, antara lain :

a. Kompresor

Kompresor merupakan mesin atau alat yang berfungsi untuk mengambil udara di atmosfer yang kemudian dimampatkan sehingga dapat terbentuk udara yang bertekanan, selanjutnya udara tersebut di simpan dalam tangki udara kempa untuk disalurkan ke pengguna (pneumatik). Kompresor udara dilengkapi dengan tabung penyimpanan udara yang berfungsi untuk menyimpan udara bertekanan dalam jumlah dan tekanan yang ditentukan, selain itu kompresor juga dilengkapi dengan katup pengaman yang berguna untuk membuang udara apabila jumlah dan tekanan telah melampaui ketentuan, katup ini bekerja secara otomatis. Kompresor bekerja antara 6 bar atau 7 bar sesuai dengan anjuran pengoperasian komponen pneumatik yang berjalan di 6 sampai 7 bar (Rusdianto, 2017: 53).

b. Tangki udara

Tangki udara berfungsi sebagai media penyimpanan udara bertekanan saat kompresor bekerja hingga jumlah dan tekanan yang telah ditentukan, selain fungsi tersebut, tangki udara juga dapat berfungsi sebagai berikut :

1. Memberikan tekanan yang konstan pada pneumatik, dengan menghiraukan penggunaan udara bertekanan oleh beban yang berubah – ubah.

2. Tangki udara dapat berfungsi sebagai suplai udara darurat apabila kompresor mengalami kegagalan kerja.
3. Udara yang telah melalui proses pemampatan/kempa, memiliki suhu yang relatif tinggi oleh karena itu fungsi dari tangki udara adalah untuk menurunkan suhunya dengan memanfaatkan ruangan tangki yang cukup luas.

c. *Air regulator*



Gambar 1.9. *Air Regulator*

Sumber : www.perawatanmesinterpadu.com

Udara dapat dinyatakan bebas dari kontaminan setelah melewati berbagai proses pemurnian udara di *air regulator*, maka proses selanjutnya adalah menyalurkan udara tersebut sesuai dengan kebutuhan, untuk itu diperlukan keran yang fungsinya untuk mengatur udara bertekanan yang keluar, disesuaikan dengan kebutuhan dari sistem pneumatik. *Air regulator* dilengkapi dengan indikator *pressure gauge* yang dapat memberikan informasi mengenai jumlah tekanan udara yang mengalir menuju sistem.

2. Elemen kontrol sistem pneumatik

Sistem kontrol silinder pneumatik diserahkan tugasnya pada katup. Katup ini berfungsi sebagai komponen kontrol yang dapat mengatur aliran udara bertekanan dari awal (*start*) hingga berhenti (*stop*), kemudian katup juga

berfungsi untuk mengarahkan aliran udara pada lubang masukan atau keluaran pneumatik dan dapat juga berfungsi mengatur jumlah tekanan yang dibutuhkan oleh pneumatik untuk menggerakkan beban.

Simbol yang menggambarkan katup pneumatik secara internasional telah diatur berdasarkan CETOP (*Committee European des Transmissions Oleohydrauliques et Pneumatiques*) dan juga ISO, berikut ini adalah beberapa jenis katup yang dapat digunakan dalam sistem pneumatik:

a. Katup kontrol arah

Katup ini berfungsi untuk mengatur aliran udara bertekanan. Udara bertekanan dapat diatur melalui katup kontrol arah, apakah udara akan dilewatkan, diblokir atau udara dibuang ke atmosfer. Katup kontrol arah digambarkan dengan jumlah lubang dan jumlah kotak. Jumlah lubang pada katup kontrol arah menggambarkan saluran – saluran yang akan dilalui udara bertekanan, sedangkan jumlah kotak menggambarkan jumlah posisi pensaklaran katup.

Lubang/Sambungan	DIN ISO 5599	Sistem Huruf
Lubang tekanan (masukan)	1	P
Lubang keluaran	2,4	B , A
Lubang pembuangan	3 (katup 3/2)	R (katup 3/2)
Lubang pembuangan	5 , 3 (katup 5/2)	R , S (katup 5/2)
Saluran pengaktifan :		
• membuka aliran 1 ke 2	12 (katup 3/2)	Z (katup 3/2)
• membuka aliran 1 ke 2	12 (katup 5/2)	Y (katup 5/2)
• membuka aliran 1 ke 4	14 (katup 5/2)	Z (katup 5/2)

Gambar 2.0. Penamaan dan Penomoran Katup

Sumber : mekatronika08.blogspot.com/2012/05/simbol-simbol-pneumatik-dan-fungsinya.html

Penggolongan katup kontrol arah didasarkan pada penandaan angka, yang dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Katup 2/2 way

Katup 2/2 way memiliki 2 lubang dan 2 kotak atau memiliki 2 perubahan posisi kerja katup. Lubang P merupakan tempat masuknya udara bertekanan, sedangkan lubang A merupakan lubang keluaran udara bertekanan, sedangkan untuk kotak sebelah kanan dalam posisi terbuka dan kotak sebelah kiri pada posisi tertutup. Prinsip kerja dari katup 2/2 way, pada posisi awal udara bertekanan tidak mengalir ke dari lubang P ke lubang A, apabila katup mendapat sinyal pengaktifan yang masuk pada sisi kiri pada posisi tertutup maka posisi kerja akan berpindah ke sisi kotak sebelah kiri dan udara bertekanan mulai mengalir dari lubang P ke A.

2. Katup 3/2 way

Katup 3/2 way memiliki 3 lubang, dimana lubang P sebagai tempat masuknya udara bertekanan, lubang A merupakan keluaran udara dan lubang R sebagai lubang pembuangan udara serta katup jenis ini memiliki 2 perubahan posisi kerja (2 kotak). Prinsip kerja dari katup ini, pada posisi awal, udara bertekanan dari beban akan dialirkan pada lubang A dan dibuang pada lubang R, sedangkan udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor tetap dialirkan pada lubang P, apabila sistem kontrol telah memberikan sinyal pengaktifan pada sisi kotak bagian kiri posisi tertutup, maka posisi kerja akan berpindah pada sisi kiri dan udara akan mengalir pada lubang P ke A.

3. Katup 5/2 way

Katup 5/2 way memiliki 5 lubang, dengan konfigurasi lubang P sebagai tempat masuknya udara bertekanan, lubang B dan A merupakan keluaran udara dan lubang R dan S sebagai lubang pembuangan udara serta katup jenis ini memiliki 2 perubahan posisi kerja (2 kotak). Prinsip kerja dari katup ini, pada posisi awal udara bertekanan dari beban akan dialirkan pada lubang A dan dibuang pada lubang R, sedangkan udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor dialirkan pada lubang P ke lubang B, apabila sistem kontrol telah memberikan sinyal pengaktifan pada sisi kotak bagian kiri posisi tertutup, maka posisi kerja akan berpindah pada sisi kanan dan udara akan mengalir pada lubang P ke A dan udara pada beban akan dialirkan pada lubang B dan dibuang ke lubang S.

4. Katup 5/3 way

Katup 5/3 way memiliki 5 lubang dengan konfigurasi lubang P sebagai tempat masuknya udara bertekanan, lubang B dan A merupakan keluaran udara dan lubang R dan S sebagai lubang pembuangan udara serta katup jenis ini memiliki 3 perubahan posisi kerja (3 kotak). Prinsip kerja dari katup ini, pada posisi awal udara bertekanan dari beban akan dialirkan pada lubang A dan dibuang pada lubang R, sedangkan udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor dialirkan pada lubang P ke lubang B, apabila sistem kontrol telah memberikan sinyal pengaktifan pada sisi kotak bagian kiri posisi tertutup, maka posisi kerja akan berpindah pada sisi kiri dan udara akan mengalir pada lubang P

ke A dan udara pada beban akan dialirkan pada lubang B dan dibuang ke lubang S. Prinsip kerja dari katup 5/3 way, pada posisi awal udara bertekanan tidak mengalir ke dari lubang P ke lubang A atau lubang B (udara diblokir), apabila katup mendapat sinyal pengaktifan yang masuk pada sisi kiri pada posisi tertutup maka posisi kerja akan berpindah ke sisi kotak sebelah kiri dan udara bertekanan mulai mengalir dari lubang P ke A, sedangkan udara bertekanan dari beban akan dibuang dari lubang B ke lubang S dan jika katup mendapat sinyal pengaktifan yang masuk pada sisi kanan pada posisi terbuka, maka udara bertekanan mulai mengalir dari lubang P ke B, sedangkan udara bertekanan dari beban akan dibuang dari lubang A ke lubang R.

SIMBOL	NAMA KATUP
	KKA 2/2, N/C
	KKA 2/2, N/O
	KKA 3/2, N/C
	KKA 3/2, N/O
	KKA 4/2
	KKA 5/2
	KKA 5/3, posisi tengah tertutup

Gambar 2.1. Macam Katup Kontrol Arah

Sumber : mekatronika08.blogspot.com/2012/05/simbol-simbol-pneumatik-dan-fungsinya.html

b. Metode pengaktifan katup kontrol arah

Metode ini berfungsi untuk mengatur perubahan posisi kerja dari katup. Metode pengaktifan katup kontrol arah sangat bervariasi jenisnya tergantung pada jenis tugas yang akan dibebankan. Jenis metode pengaktifan mulai dari yang mekanis, elektrik, pneumatis atau kombinasi dari semuanya (Maryadi, 2017: 52) .

Umumnya metode yang sering digunakan dalam sistem pneumatik yaitu metode elektrik yang memanfaatkan solenoid/*coil* sebagai metode pengaktifan katup kontrol arah.

c. Katup pengontrol aliran



Gambar 2.2. Katup Pengontrol Aliran

Sumber : www.indonesian.pneumaticaircylinders.com

Katup pengontrol aliran merupakan katup yang berfungsi untuk mengatur jalannya udara bertekanan, secara spesifik untuk mengatur udara bertekanan yang keluar atau masuk ke dalam silinder pneumatik. Katup pengontrol aliran dapat dipasang langsung pada lubang masukan dan keluaran silinder pneumatik atau pada lubang pembuangan pada katup kontrol arah. Katup pengontrol aliran memiliki 2 tipe, yaitu katup pengontrol aliran dua arah (katup cekik), dimana katup ini dapat berfungsi untuk mengatur kecepatan pergerakan piston sesuai

yang dibutuhkan, sedangkan untuk tipe katup pengontrol aliran satu arah juga memiliki fungsi yang sama, akan tetapi memiliki perbedaan pada konstruksinya yang hanya dipasang pada satu lubang saja, sedangkan lubang yang lain aliran udara bertekanan bebas mengalir. Katup kontrol aliran ini dapat di *setting* dengan cara memutar knob seperti kran pada katup dan akan timbul mekanisme penyempitan dimana udara hanya akan melewati sela – sela penyempitan tersebut. Hati – hati untuk menggunakan katup kontrol aliran ini, jika terlalu dalam memutar knob maka udara tidak akan bisa mengalir.

3. Komponen pendukung

a. Selang atau konduktor

Pemasangan sistem pneumatik hingga dapat bekerja dan dapat dioperasikan, memerlukan konduktor, dimana konduktor ini berfungsi sebagai penyalur untuk mengalirkan udara bertekanan dari sumber ke sistem pneumatik maupun dari sistem pneumatik hingga dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan atau lebih disebut dengan sistem pemipaan. Macam - macam konduktor yang dapat digunakan, contohnya pipa, tabung dan selang. Konduktor yang lebih ekonomis dan lebih fleksibel dapat menggunakan konduktor selang. Konduktor selang terbuat dari plastik yang memiliki ukuran diameter yang bermacam – macam, mulai dari 4 mm hingga 8 mm, selain itu untuk pemasangan pemipaan tidak permanen, konduktor selang lebih unggul dikarenakan sifatnya yang elastis dapat memberikan keuntungan bongkar pasang instalasi pemipaan dengan mudah. Keuntungan lain dari konduktor selang adalah mudah untuk diatur dan ditempatkan sesuai dengan kebutuhan.

b. Fitting

Fitting merupakan komponen yang berfungsi sebagai penyambung atau penjepit selang/pipa agar dapat tersambung dengan erat antara pneumatik dengan selang/pipa atau menjadi sambungan antar selang/pipa.

c. Silencer



Gambar 2.3. *Silencer*

Sumber : www.pneuflex-pneumatic.com

Silencer merupakan komponen yang berfungsi sebagai peredam suara bising yang dihasilkan oleh lubang pembuangan (lubang R dan S) pada katup kontrol arah.

2.1.5.6 Kelebihan dan kekurangan sistem pneumatik

1. Kelebihan sistem pneumatik dibandingkan dengan sistem penggerak lain adalah sebagai berikut :

- a. Ketersediaan sumber energi yang melimpah dan tidak berbayar, dalam hal ini ketersediaan udara sangat melimpah hingga jumlah tak terbatas dan dapat diperoleh dengan mudah.
- b. Sumber energi mudah untuk disalurkan dalam jumlah yang besar dan dapat disalurkan dalam jarak yang cukup jauh melalui pipa atau selang.

- c. Penyimpanan udara sangat mudah, karena pada kompresor terdapat tabung penyimpanan udara dan apabila ingin disimpan pada tabung penyimpanan lain seperti botol pun juga dapat dilakukan dengan mudah.
- d. Tahan terhadap perubahan temperatur, dimana udara bertekanan tidak peka terhadap perubahan temperatur.
- e. Aman dari resiko korsleting atau aman terhadap sengatan arus listrik.
- f. Tidak ada resiko kebakaran.
- g. Udara merupakan sumber energi bersih yang tidak menyebabkan pencemaran lingkungan serta pneumatik tidak mengeluarkan limbah yang berbahaya.
- h. Mudah untuk mengatur kecepatan dan dapat digunakan pula untuk pekerjaan yang membutuhkan kecepatan tinggi, contoh bor pneumatik.

2. Kekurangan sistem pneumatik

Terlepas dari kelebihan diatas, sistem pneumatik memiliki beberapa kekurangan diantaranya :

- a. Udara bertekanan yang disalurkan harus benar - benar bersih dari air dan kotoran untuk mencegah korosi dan sumbatan pada sistem pneumatik.
- b. Suara bising bisa terjadi pada lubang pembuangan apabila tidak dipasang dengan *silencer*, apabila menggunakan kompresor sebagai sumber energi tanpa disalurkan kedalam tangki penyimpanan terlebih dahulu maka suara bising bisa timbul ketika kompresor sedang bekerja.

c. Rawan terjadinya kebocoran, salah satu penyebab terjadinya kebocoran adalah segel dan *fitting* yang dipakai tidak dalam kondisi yang bagus atau memiliki kualitas yang buruk, hal ini akan berdampak pada tekanan udara yang akan terus mengalami penurunan sehingga menyebabkan kerugian energi, oleh karena itu perlu diperhatikan untuk pemilihan *fitting* dan segel kedap udara.

2.1.6 Relai

2.1.7.1 Pengertian relai

Relai merupakan komponen elektronika yang memanfaatkan prinsip elektromagnet untuk menghasilkan gaya yang dapat berfungsi sebagai saklar elektrik. Relai memiliki 2 komponen utama, yaitu *coil*/lilitan yang merupakan gulungan atau lilitan kawat yang berfungsi untuk menerima arus listrik dan menghasilkan medan magnet, yang kedua yaitu kontak, merupakan komponen yang memiliki 2 kondisi yaitu :

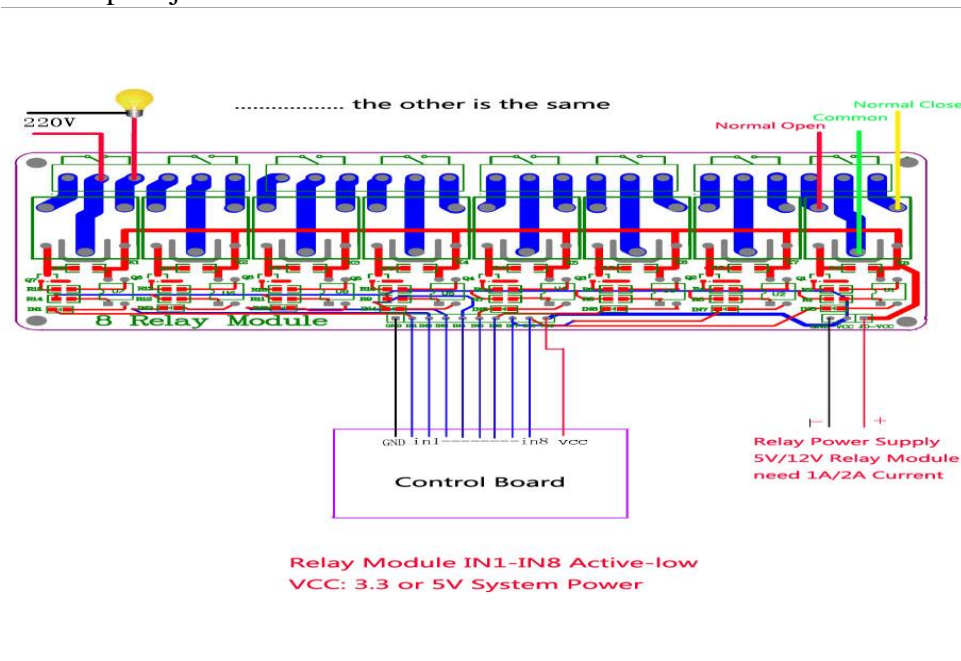
1. NO

NO atau *normally open* merupakan kondisi awal sebelum relai diaktifkan, dimana kontak akan selalu berada pada posisi terbuka.

2. NC

NC atau *normally closed* merupakan kondisi awal sebelum relai diaktifkan, dimana kontak akan selalu berada pada posisi tertutup.

2.1.7.2 Prinsip kerja relai



Gambar 2.4. Wiring Relai 8 Channel

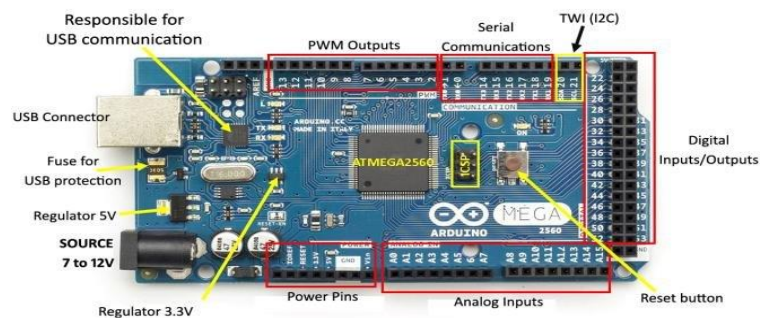
Sumber : <https://forum.arduino.cc/>

Relai terdiri dari 2 komponen utama yaitu *coil* dan kontak, pada gambar 2.2 coil berbentuk gulungan kawat tembaga yang berfungsi untuk menerima arus listrik yang masuk, sedangkan kontak memiliki 2 kondisi yaitu NC dan NO, yang akan bekerja bergantung ada atau tidaknya arus yang mengalir pada *coil*.

Prinsip kerja dari relai yaitu ketika coil diberikan atau dialirkan arus listrik maka akan timbul gaya elektromagnet yang dapat menarik *armature* yang terbuat dari konduktor magnet, kemudian *armature* dapat berpindah posisi dari yang sebelumnya dalam kondisi NC berpindah ke kondisi NO, sehingga relai dalam keadaan aktif dan berfungsi sebagai saklar yang dapat menyalurkan arus listrik, pada saat relai diputus aliran arus listriknya, maka relai akan hilang gaya elektromagnet yang menyebabkan *armature* akan kembali ke kondisi semula NC dari posisi sebelumnya NO.

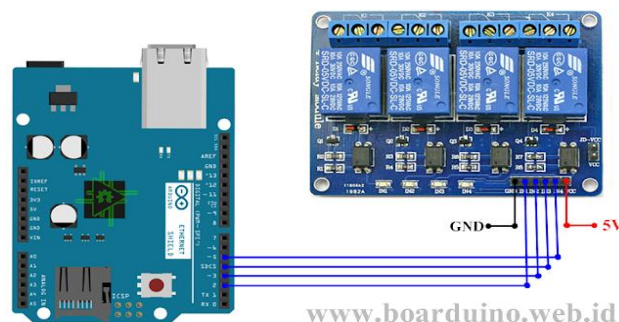
2.1.7 Arduino mega

Arduino mega merupakan papan yang berisi rangkaian elektronik dimana memiliki chip prosesor kontrol berbasis ATmega2560 dan memiliki software yang bersifat *opensource*. Prinsip kerja arduino mega dalam penggunaannya disandingkan dengan bahasa pemrograman C yang dalam pengaplikasian bahasa C tersebut dibantu oleh arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Arduino IDE memungkinkan pengguna mengembangkan program yang diinginkan kemudian melakukan *uploading* pada modul arduino mega. Arduino dalam penelitian ini berfungsi sebagai kontrol jeda waktu silinder kerja naik dan turun yang akan dihubungkan dengan relai.



Gambar 2.5. Papan Arduino Mega2560

Sumber : www.researchgate.com



Gambar 2.6. Wiring Arduino dengan Relay 4 Channel

Sumber: <http://www.boarduino.web.id/>

2.2 Penelitian yang Relevan

Hasil penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini adalah :

1. Max Christian, Liliana Liliana, Iwan Nyoto (2017)

Penelitian ini berjudul aplikasi rehabilitasi dan terapi tangan untuk pasien stroke dengan menggunakan *kinect*.

Penelitian ini mengenai terapi yang berfokus pada bagian gerakan tangan dengan media terapi menggunakan aplikasi *game*, dimana dalam *game* ini pasien akan diberikan misi tertentu dan berusaha untuk menyelesaikan misi tersebut dengan bantuan gerakan tangan. *Software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Unity, salah satu *software* yang digunakan untuk membuat game berbasis 3D. *Hardware* menggunakan *kinect*, yang mana pada *hardware kinect* terdapat sensor yang dapat membaca gerakan tangan tanpa memegang alat kontrol tertentu. Penelitian ini menunjukkan bahwa alat ini diharapkan dapat membantu pasien stroke, dengan menjadi media terapi yang menyenangkan karena tampilan multimedia yang menarik.

2. Said Ryan Syareza, Remilia Oktiasari, Hurvey Madone, Elva Susanti, Musni Sahar (2018)

Penelitian ini berjudul alat bantu terapi pasca stroke untuk tangan

Penelitian ini membahas mengenai perancangan alat bantu terapi pasien pasca stroke yang berfokus pada latihan gerak tangan dan lengan atas. Alat ini menggunakan tenaga penggerak motor *power window* yang dikombinasikan dan

dikontrol oleh mikrokontroler arduino uno. Alat bantu terapi ini didesain dalam posisi berdiri sehingga pasien yang ingin melakukan terapi harus dalam posisi berdiri. Alat ini memiliki 3 mode pergerakan, yang mana pada mode 1, motor bergerak membantu tangan untuk bergeser kekiri dan kekanan, selanjutnya pada mode 2, motor bergerak mengangkat tangan hingga batas siku dengan gerakan keatas dan kebawah. Mode 3 yaitu untuk mengangkat lengan atas dengan gerakan atas bawah.

3. Gustavo Saposnik, MD, MSc, FAHA, Robert Teasell, MD, FRCPC, Muhammad Mamdani, PharmD, MPH, MA, Judith Hall, MSc, William McIlroy, PhD, Donna Cheung, OT, Kevin E. Thorpe, Mmath, Leonardo G. Cohen, MD, Mark Bayley, MD, FRCPC (2010)

Penelitian ini berjudul *effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation*.

Penelitian ini memanfaatkan perangkat berbasis *game* yaitu Nintendo Wii yang cara pengoperasiannya pemain harus memegang stik khusus untuk menggerakkan permainan secara *real time*, pada nintendo diberikan game khusus yang dapat melatih gerakan otot tangan pasien pasca stroke seperti permainan tenis, permainan bowling yang dilakukan selama 14 hari oleh partisipan dengan durasi latihan kurang lebih 5 jam.

4. Yosua Hendra Kristanto (2015)

Penelitian ini berjudul rancang bangun sistem elektro mekanik *arm cycle ergometer* rehabilitasi medis pasca stroke.

Penelitian ini mengenai perancangan alat bantu latihan gerak otot tangan yang berupa latihan mengayun pedal sepeda. Alat ini menggunakan tenaga penggerak berupa motor listrik yang dikombinasikan dengan *gear set* yang berguna untuk mengatur torsi motor. Sistem kontrol menggunakan arduino yang dipadukan dengan sensor *optocoupler*.

5. Franky Setiawan Daldiri, Wijayanti Nurul Khotimah, Darlis Herumurti (2017)

Penelitian ini berjudul rancang bangun aplikasi terapi pasca stroke untuk latihan pergerakan jari tangan dengan menggunakan *leap motion controller*.

Penelitian ini membahas mengenai perancangan aplikasi yang dapat digunakan untuk media terapi pasien pasca stroke secara virtual dengan memanfaatkan game 3D, yang pada gamenya terdapat misi khusus, berfungsi sebagai media untuk latihan gerak jari tangan. Alat ini menggunakan sensor leap motion sebagai sensor gerakan jari tangan yang diklaim lebih akurat dalam mendeteksi gerakan jari dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, selain itu di sisi *software*, didukung oleh *software* blender sebagai aplikasi pengolah 3D. Alat ini diharapkan dapat membantu pasien pasca stroke dalam terapi mandiri secara virtual.

6. Andreas Dwi Putra dan Intan Oktaviani (2017)

Penelitian ini berjudul alat bantu terapi pasca stroke bagian kaki

Penelitian ini membahas mengenai perancangan alat bantu terapi yang berfokus pada latihan gerak kaki, yang lebih spesifik gerakan pada lutut dan pergelangan kaki. Alat ini mengkombinasikan 2 tenaga penggerak dengan fungsi yang berbeda. Bagian lutut menggunakan tenaga penggerak motor DC untuk gerakan naik turun sedangkan untuk bagian pergelangan kaki menggunakan motor servo untuk gerakan kekanan dan kekiri. Sistem kontrol pada alat ini menggunakan arduino.

Menurut penelitian yang relevan diatas, pada penelitian 1 (Max Christian, dkk. 2017) lebih mengutamakan terapi pada bagian tangan yang sama halnya dengan penelitian ke 2 (Yosua. 2015) dan 3 (Gustavo Saposnik, dkk. 2010) serta penelitian ke 4 (Said Ryan Syareza, dkk. 2018) yang menitikberatkan terapi pada bagian tangan saja. Penelitian ke 5 (Franky, dkk. 2017) lebih memilih untuk merancang alat bantu untuk terapi bagian jari tangan dengan berbasis game virtual, sedangkan untuk penelitian ke 6 (Andreas, dkk. 2017) merancang alat bantu terapi pada bagian kaki saja. Kelemahan dari beberapa penelitian sebelumnya yaitu lebih menitikberatkan pada salah satu bagian anggota gerak saja, hanya pada bagian tangan atau kaki atau jari, selain itu pula dari penelitian diatas tidak dirancang alat penunjang bagi pasien seperti halnya kursi atau meja yang terintegrasi dengan alat terapinya, sehingga tentu saja akan kurang nyaman bagi para pasien stroke untuk melakukan terapi.

Penelitian ini merupakan pengembangan rigid robot yang memiliki fungsi untuk melakukan terapi pemulihan bagi orang stroke (Barri, et al., 2017: 82). Sumber referensi pada penelitian sebelumnya, terdapat beberapa aspek penting yang bisa dikembangkan dalam penelitian ini, seperti pada penelitian ke 2 dan 4 yang menggunakan aktuator motor listrik sedangkan pada penelitian ini aktuator yang digunakan adalah pneumatik yang memiliki keunggulan lebih aman dan murah perawatannya, serta karena gerakan yang *linear* maka tenaga penggerak yang cocok adalah pneumatik. Desain pada penelitian ini menggunakan kursi yang dimodifikasi pada bagian sandaran tangan dan kaki agar alat ini dapat berfokus pada terapi bagian gerak atas atau tangan dan bagian gerak bawah atau kaki. Keunggulan dari penelitian ini adalah variasi yang digunakan dalam penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya, dimana penelitian ini membuat variasi gerakan dengan menyediakan terapi anggota gerak atas serta digabungkan dengan terapi pada anggota gerak bawah dengan berbagai tipe gerakan (gerakan naik turun pada pergelangan tangan, gerak siku tangan, gerak lengan atas gerak lutut kaki), selain itu desain alat yang berbentuk kursi memudahkan pasien untuk melakukan terapi serta memberikan kenyamanan.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan yang dapat diambil dari hasil analisis purwarupa alat bantu terapi bagi pasien pasca stroke berbasis pneumatik, antara lain:

1. Proses perencanaan alat dimulai dengan melihat penelitian yang telah dilakukan untuk dapat diambil nilai kelemahan dan dikembangkan kembali, kemudian masuk pada proses perancangan alat yang dimulai dari desain alat dengan rancangan gambar 2D, kemudian rancangan 2D diimplementasikan untuk desain purwarupa alat bantu terapi model kayu, setelah itu pembuatan kursi mengacu pada purwarupa model kayu tersebut. Kursi selesai dibuat, langkah selanjutnya pembuatan dudukan 4 silinder pneumatik, dudukan wadah cekung untuk tangan dan kaki serta cover keduanya, selanjutnya peletakan komponen elektronik dan sistem KKA di sisi kursi. Langkah berikutnya pembuatan tempat kendali alat yang diletakkan pada sisi kanan kursi. Tahap berikutnya perakitan sistem pneumatik untuk mengalirkan udara dari kompresor ke silinder pneumatik, tahap selanjutnya perancangan sistem kontrol yang terdiri dari kontrol manual dan kontrol otomatis.
2. Tahap pembuatan sistem kontrol alat terapi, dimulai dari kontrol manual yang menggunakan 4 tombol untuk operasi naik dan 4 tombol operasi turun, tombol – tombol tersebut disambungkan langsung pada kumparan katup kontrol arah untuk dapat mengatur mekanisme gerakan naik dan turun silinder kerja

pneumatik. Sistem kontrol otomatis menggunakan 1 tombol operasi yang dihubungkan bersamaan dengan kumparan KKA pada relai kemudian arduino sebagai media kontrol jeda waktu disambungkan pula pada relai, relai disini berfungsi sebagai konverter antara arduino dan KKA yang memiliki tegangan kerja berbeda, sistem kontrol otomatis berfungsi untuk mengaktifkan dan matikan gerakan pneumatik yang bekerja secara berurutan dan bergantian. Rangkaian sistem pneumatik dimulai dari kompresor listrik yang menghasilkan tekanan udara, kemudian disalurkan pada lubang input KKA melalui *air regulator* yang fungsinya untuk membersihkan dan menyaring kotoran serta air, tekanan udara yang telah sampai pada KKA akan disalurkan kembali melalui selang pada silinder pneumatik sehingga silinder kerja dapat beroperasi, untuk mengatur kecepatan silinder pneumatik maka bagian lubang output dilengkapi kran pengatur kecepatan. .

3. Sistem kerja alat bantu terapi terdiri dari 2 mode yaitu mode manual dan mode otomatis, sebelum pengaktifan 2 mode dipastikan untuk menyambungkan dengan listrik tegangan 220V, kemudian ubah pada posisi *ON* di MCB dan sambungkan kompresor pada *air regulator* untuk mengalirkan tekanan udara pada KKA, selain itu pada kontroler arduino harus disuplai dengan tegangan 5 VDC yang dapat diambil dengan bantuan laptop atau *power supply* yang memiliki *output* 5 VDC. mode manual memiliki konfigurasi tombol sebagai berikut, 1 tombol berfungsi sebagai *ON/OFF* kontrol manual, 4 tombol pada posisi atas untuk gerak naik dan 4 tombol posisi bagian bawah untuk turun. Pengoperasian mode manual dilakukan dengan menekan tombol yang berfungsi sebagai *ON/OFF*, setelah itu pengguna

dapat memilih bagian tubuh mana yang akan dilakukan terapi dengan menekan tombol bagian atas untuk silinder kerja naik dan untuk menurunkan pada posisi awal pengguna dapat menekan tombol bagian bawah. Pengoperasian kontrol otomatis dapat dilakukan dengan cara menonaktifkan tombol *ON/OFF* pada sistem kontrol manual terlebih dahulu, kemudian pengguna menekan tombol aktivasi maka setelah itu sistem pneumatik akan beroperasi dan mengaktifkan silinder pneumatik untuk bisa bergerak naik dan turun secara berurutan dan bergantian, apabila ingin menghentikan gerakan terapi maka pengguna dapat menekan tombol yang sama yang digunakan untuk mengaktifkan mode otomatis.

4. Sistem pneumatik pada bagian siku tangan, pergelangan tangan dan kaki dapat berfungsi melakukan gerakan terapi dengan optimal, sistem pneumatik bagian lengan dinilai belum berfungsi optimal karena hanya mengangkat beban setengah dari silinder kerjanya.

5. Responden 1 berat 56 kg, sistem pneumatik bagian pergelangan tangan dan kaki dapat beroperasi mulai dari tekanan 2 bar, gerakan terapi bagian siku tangan beroperasi minimal dengan tekanan 3 bar dan gerakan terapi bagian lengan beroperasi mulai dari tekanan 4 bar. Responden 2 berat 65 kg, sistem pneumatik bagian pergelangan tangan dan kaki dapat beroperasi mulai dari tekanan 2 bar, bagian siku tangan beroperasi dengan tekanan 3 bar dan lengan beroperasi minimal dengan tekanan 4 bar. Responden 3 berat 86 kg, sistem pneumatik bagian pergelangan tangan dan kaki dapat beroperasi mulai dari tekanan 3 bar, bagian siku tangan beroperasi mulai dari 4 bar dan bagian lengan beroperasi minimal dengan tekanan 4 bar.

6. Dokter spesialis saraf dan dokter spesialis rehabilitasi medis dari Rumah Sakit Elisabeth Semarang memberikan pernyataan bahwa secara prinsip alat ini dapat membantu menstimulus kerja otot pasien pasca stroke supaya tidak terjadi pengecilan otot (atrofi otot) dan membantu memberikan sedikit rangsangan pada saraf, selain itu kedua ahli kesehatan tersebut menyatakan bahwa alat ini dapat membantu efisiensi kerja fisioterapis dalam melakukan terapi bagi pasien stroke.

5.2 Saran

Penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa hal yang perlu untuk menjadi saran pengembangan penelitian lebih lanjut, antara lain :

1. Memperhalus kinerja sistem pneumatik dalam mengangkat serta menurunkan beban.
2. Mengurangi kebisingan yang dihasilkan saat sistem pneumatik bekerja.
3. Melakukan penyempurnaan terhadap mekanik lengan atas supaya ketika beroperasi sistem pneumatik dapat mengangkat beban ke posisi maksimalnya, serta opsi untuk mengganti silinder bagian lengan dan siku tangan menggunakan yang lebih pendek supaya bisa efisien/tidak boros dalam penggunaan tekanan udara.
4. Penambahan tabung penyimpanan aluminium sebagai alternatif pengganti tabung penyimpanan udara pada kompresor.
5. Pengembangan bagian mekanik supaya alat terapi dapat diaplikasikan untuk bagian tubuh sebelah kanan dan kiri.
6. Pengembangan sistem kontrol otomatis dengan penambahan sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- American Heart Association/American Stroke Association . 2013. **An Update Definition Of Stroke For The 21st Century**. <http://stroke.ahajournals.org>. 13 Juni 2019 (20.30).
- Akhmad, A.A. **Perancangan Sistem Simulasi Pergerakan dengan Pengontrolan Pneumatik untuk Mesin Pengamplas Kayu**. *Jurnal Rekayasa Sriwijaya* 18(3): 21 – 28.
- Barri, M. Hablul., A. Ryandika, A. Cesario, A. Widyotriatmo. 2017. **Desain dan Kontrol Posisi dari Arm Manipulator Robot sebagai Alat Rehabilitasi Pasien Pasca Stroke**. *Jurnal Teknologi* 9(2): 81 – 95.
- Coupland, A.P., A.Thapari, M.I. Qureshi, H. Jenkins, A.H. Davies. 2017. **The Definition of Stroke**. *Journal of Royal Society of Medicine* 110(1): 9 – 12.
- Daldiri, F. Setiawan., W.N. Khotimah, D. Herumurti. 2017. **Rancang Bangun Aplikasi Terapi Pasca stroke untuk Latihan Pergerakan Jari Tangan dengan Menggunakan Leap Motion Controller**. *Jurnal Teknik* 6(2): 436 – 439.
- Dinas Kesehatan Kota Semarang. 2015. **Profil Kesehatan Kota Semarang 2015**. Edisi 2015. Semarang: Dinas Kesehatan Kota Semarang.
- Fadila, N., L. Lady, A.S. Mariawati. 2017. **Perancangan Alat Bantu Alih Baring Pasien Stroke dengan Metode Rasional**. *Jurnal Teknik Industri* 5(3): 302 – 307.
- Fan, M., dkk. 2019. **Family History, Tobacco Smoking, and Risk of Ischemic Stroke**. *Journal of Stroke* 21(2): 175 – 183.
- Fitch, E. C. 1966. **Fluid Power and Control Systems**. Edisi Pertama. New York: Mcgraw Hill Book Company.
- Ghani, L., L.K. Mihardja, Delima. 2016. **Faktor Risiko Dominan Penderita Stroke di Indonesia**. *Jurnal Kesehatan* 44(1): 49 – 58.
- Gusty, P. Reni. 2012. **Efektivitas Pemberian Mobilisasi Dini terhadap Tonus Otot, Kekuatan Otot, dan Kemampuan Motorik Fungsional Pasien Hemiparise Paska Stroke Iskemik**. *Jurnal Keperawatan* 8(1): 40 – 47.
- Hadi, S. 2016. **Metodologi Riset**. Edisi Kedua. Cetakan Kedua. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.

- Hudallah, N. 2010. **Rancang Bangun Sistem Pneumatis untuk Pengembangan Modul – Modul Gerak Otomatis sebagai Media Pembelajaran.** *Jurnal Teknik Elektro* 2(1): 8 – 22.
- Juniani, A.I., D. Kurniasih, L. Handoko. 2016. **Analisis Kebutuhan dalam Perancangan Alat Bantu Terapi Stroke dengan Menggunakan QFD – AHP dan Prinsip Ergonomi.** Makalah disajikan pada **Simposium Nasional Maritim, Sains dan Teknologi Terapan.** Surabaya. 21 November.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2018. **Hasil Utama Riskesdas 2018.** <http://www.depkes.go.id/resources/download/info-terkini/hasil-riskesdas-2018.pdf>.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2017a. **Modul Dasar Pneumatik dan Hidrolik.** Edisi 2017. Jakarta; Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- _____, 2017b. **Modul Pneumatik dengan Aplikasinya.** Edisi 2017. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- _____, 2017c. **Dasar Pneumatik Modul Pembelajaran Teknik Mekatronika.** Edisi 2017. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- _____, 2013a. **Teknik kontrol.** Edisi 2013. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- _____, 2013b. **Pneumatik & Hidrolik.** Edisi 2013. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Koesdijati, T, dan M.N. Ali. 2017. **Pengembangan Alat Bantu Latihan untuk Proses Rehabilitasi bagi Pasien Pasca Stroke.** *Jurnal Teknologi* 69(2): 13 – 20.
- Krist, T. 1979. **Fundamentele Pneumatiek.** Vogel. Verlag, Wurzburg. Terjemahan Dines Ginting. 1993. **Dasar – Dasar Pneumatik.** Edisi pertama. Cetakan pertama . Jakarta : Erlangga.
- Negara, M.A.P. 2016. **Buku Ajar Sistem Kontrol** <https://www.scribd.com/document/357839658/Buku-Ajar-Sistem-Kontrol-Mohamad-Agung-P-N-FT-compressed-pdf>. 15 Januari 2019 (21.00).

- Nugroho, A. Kristanto, dan Herianto. 2016. **Pengembangan Alat Bantu Rehabilitasi Pasien Pasca Stroke Berbasis Virtual Reality**. *Jurnal Teknik Industri* 11(1): 45 – 52.
- Ogata. K. 1970. **Modern Control Engineering**. University of Minnesota. Englewood Cliffs, N.J. Terjemahan edi leksono. 1985. Teknik Kontrol Automatik. Cetakan 1. Jakarta : Erlangga.
- Pangemanan, H.C. Damajanty., J.N.A. Engka, S. Supit. 2012. **Gambaran Kekuatan Otot dan Fleksibilitas Sendi Ekstremitas Atas dan Ekstremitas Bawah pada Siswa/I SMKN 3 Manado**. *Jurnal Biomedik* 4(3): 109 – 118.
- Purwanti, O. Sri, dan A. Maliya. 2008. **Rehabilitasi Pasien Pasca Stroke**. *Jurnal Berita Ilmu Keperawatan* 1(1): 43 – 46. .
- Rosyada, Z. Fanani., D. Nurkertamanda, A. Dewangga. 2010. **Perancangan Alat Permainan untuk Pasien Pasca Stroke**. *Jurnal Teknologi* 5(3): 151 – 158.
- Saposnik, G., R. Teasell, M. Mamdani, J. Hall, W. Mellroy, D. Cheung, K.E. Thorpe, L.G. Cohen, M. Bayley. 2019. **Family History, Tobacco Smoking, and Risk of Ischemic Stroke**. *Journal of Stroke* 21(2): 175 – 183.
- Sudjana. 1989. **Metoda statistika**. Edisi ke 5. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. 2016. **Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D**. Edisi Pertama. Cetakan ke 23. Bandung: Alfabeta.
- Sulistiawan, A, dan E. Husna. 2014. **Pengaruh Terapi Aktif Mengenggam Bola terhadap Kekuatan Otot Pasien Stroke di RSSN Bukit Tinggi**. *Jurnal Kesehatan* 5(1): P30 – 39.
- Syareza, S. Ryan., R. Oktiasari, P. Madona, E. Susianti, M. Sahar. 2018. **Alat Bantu Terapi Pasca Stroke untuk Tangan**. *Jurnal Elementer* 4(1): 27 – 36.
- Tanzila, RA., Irfannuddin. 2015. **Analisis Atrofi Otot akibat Bedrest Lama pada Pasien Stroke di RSUD Palembang Bari**. *Jurnal Keperawatan* 6(1): 47 – 52.

- Venkatasubramanian, N., B.W. Yoon, J. Pandian, J.C. Navarrod. 2017. **Stroke Epidemiology in South, East, and South-East Asia: A Review**. *Journal of Stroke* 19(3): 286 – 294.
- Wirawan, Pramono. 2012. **Bahan Ajar Pneumatik dan Hidrolik**. https://www.academia.edu/9724977/BAHAN_AJAR_PNEUMATIK_HIDROLIK_OL_EH. 28 Januari 2019 (20.34).
- Wirawan, R. Pradasari. 2009. **Rehabilitasi Stroke pada Pelayanan Kesehatan Primer**. *Jurnal Kedokteran* 59(2) : 61- 71.