

TUGAS AKHIR

ANALISIS SISTEM KENDALI KONVEYOR PNEUMATIC UNTUK MENGHINDARI TABRAKAN PADA KEMASAN DI PT. PACIFIC MEDAN INDUSTRI

*Diajukan Guna Melengkapi Tugas Tugas Dan Memenuhi Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST)
Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

SUPRIYANTO
NPM : 1307220003



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

ABSTRAK

Perkembangan dunia industri Indonesia saat ini mengalami peningkatan secara cepat. Hal itu ditandai dengan berdirinya pabrik – pabrik yang besar yang mempunyai teknologi diseluruh Indonesia. Semakin cepat hasil produksi semakin cepat juga terjadi kerusakan yang terjadi, dalam arti kerusakan ini berdampak terhadap hasil produk, baik itu dimesin utama atau dimesin pendukung. Mesin pendukung yang dimaksud dalam hal ini membantu kelancaran kinerja dari mesin utama seperti konveyor, material blend mixer, crusher, labelling machine, induction sealing dan lain sebagainya. Mesin konveyor yang berfungsi sebagai pengangkut hasil produksi dari satu tempat ke tempat lain demi kelancaran proses kerja. Komponen pembantu dari mesin konveyor adalah silinder sebagai penahan atau stopper. Dalam permasalahan ini kemasan sering tabrakan dipersimpangan keluaran mesin, sehingga kemasan menjadi rusak, cacat ataupun penyok. Penyebab permasalahan kurangnya kecepatan motor yang diatur oleh inverter sehingga konveyor yang mengangkut kemasan menjadi lamban atau bisa terlalu cepat, bukan hanya konveyor yang bermasalah tetapi juga laju silinder terlalu cepat untuk menutup sehingga kemasan menjadi cacat atau penyok. Adapun dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada konveyor jalur 1 membutuhkan daya motor sebesar 0,57 kW dengan torsi motor sebesar 2,95 lb.ft dengan kecepatan motor yang dihasilkan 1350 rpm. Pada jalur 2 membutuhkan daya motor 0,87 kW dengan torsi pada motor 5,11 lb.ft dan kecepatan motor yang dihasilkan 1200 rpm. Pada silinder stoper harus memiliki gaya tekan sebesar 105 N dan tekanan udara kompresi 6 bar dengan aliran udara yang dibutuhkan untuk dua stoper sebesar 11076 lt/mnt.

Kata kunci : konveyor, silinder pneumatik stoper, motor, kemasan, kecepatan

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakkatuh.

Segala puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat Nya telah diberikan kesehatan dan kelapangan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Merupakan salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Adapun judul dari tugas akhir ini adalah **“ANALISIS SISTEM KENDALI KONVEYOR PNEUMATIC UNTUK MENGHINDARI TABRAKAN PADA KEMASAN DI PT. PACIFIC MEDAN INDUSTRI”**.

Selama penulisan ini berlangsung, penulis menyadari bahwa tanpa bantuan kedua orang tua serta bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis turut mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua dan seluruh keluarga, yang selalu setia mendukung dalam doa dan selalu setia menemani dalam setiap suka dan duka.
2. Bapak **Rahmatullah, S.T., M.Sc.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak **Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T.** selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Bapak **Partaonan Harahap, S.T., M.T.** selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro.
5. Ibu **Noorly Evalina, S.T., MT.** selaku dosen pembimbing I yang telah menyediakan waktu dan tenaga serta pemikirannya didalam mengarahkan penulisan dalam penyusunan skripsi ini.

6. Ibu **Rimbawati, S.T., M.T.** selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu dan tenaga serta pemikirannya didalam mengarahkan penulisan dalam penyusunan skripsi ini.
7. **Dosen – dosen** Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah membantu dalam teori dan ilmu yang telah diberikan.
8. Seluruh **Staff Administrasi** Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Kepada teman – teman serta rekan – rekan mahasiswa teknik elektro lainnya, yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga segala bantuan yang saya terima mendapat balasan yang layak dari Allah SWT. Akhir kata saya mengharapkan semoga tulisan ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Medan, 14 September 2017

Penulis

Supriyanto

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
ABSTRAK	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metode Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan	5
2.2. Landasan Teori	7
2.2.1 Definisi Mesin Pemindah Bahan	7
2.2.2 Konveyor	11
2.2.3 Pengertian Dasar Sistem Konveyor	15
2.2.4 Komponen Utama dan Fungsi Konveyor	17
2.3. Definisi Pneumatika	20
Karakteristik Udara Mampat	21
2.3.2 Konstruksi Sistem Pneumatik	23
2.3.3 Tekanan	30
2.3.4 Hukum – hukum dalam Pneumatika	31
2.3.5 Teori Kontrol	31
2.3.6 Sistem Kontrol dengan Koordinasi Gerakan	31
2.3.7 Klarifikasi Berdasarkan Jenis Sinyal	32
2.3.8 Aliran Sinyal dan Rantai Kontrol	32
2.4. Dasar Sistem Pneumatika	32
2.4.1 Dasar Pneumatika	33
2.4.2 Simbol – Simbol Pneumatik	36
2.4.3 Tata Letak Rangkaian Pneumatik	40
2.5. Sistem Kendali Konveyor Pneumatik	40

2.5.1	Sistem Kerja Stoper Pneumatik	41
2.5.2	Sistem Kerja Konveyor Pneumatik	42
2.6	Kontrol Kecepatan dan Daya Motor Induksi Tiga Fasa.....	45
2.6.1	Inverter (Variable Frequency Drive)	46
2.6.2	Motor Listrik Induksi Tiga Fasa	48
BAB III METODE PENELITIAN		52
3.1	Lokasi Penelitian	52
3.2	Jalannya Penelitian	52
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		56
4.1	Perhitungan Kapasitas Konveyor.....	56
4.2	Perhitungan Kapasitas Stoper Pneumatik.....	60
4.2.1	Perhitungan Volume Udara Pada Silinder dan Katup Udara	61
4.3	Perhitungan Laju Konveyor	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		66
5.1	Kesimpulan.....	66
5.2	Saran..	66

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Belt konveyor driver	12
Gambar 2.2 Bagian – bagian utama screw konveyor	13
Gambar 2.3 Bagian – bagian utama konveyor rantai	14
Gambar 2.4 Table top chain konveyor	15
Gambar 2.5 Kerangka konveyor	18
Gambar 2.6 Tiang Penyangga Konveyor.....	18
Gambar 2.7 Aplikasi Motor Penggerak	19
Gambar 2.8 Komponen Table Top Konveyor.....	19
Gambar 2.9 Sistem Transmisi Konveyor.....	20
Gambar 2.10 Unit pelayan udara	24
Gambar 2.11 Katup penagarah.....	26
Gambar 2.12 Katup satu arah.....	26
Gambar 2.13 Katup pengatur tekanan	27
Gambar 2.14 Katup pengatur aliran	27
Gambar 2.15 Silinder pneumatik	29
Gambar 2.16 Rotary actuator	30
Gambar 2.17 Pergerakan udara pada batang torak	34
Gambar 2.18 Tata letak aplikasi pneumatik.....	40
Gambar 2.19 Sistem kerja stoper pada posisi menutup	41
Gambar 2.20 Sistem kerja stoper pada posisi membuka	42
Gambar 2.21 Tampilan konveyor pneumatik	43
Gambar 2.22 Stoper jalur satu terbuka dan membawa kemasan keluar dari konveyor jalur satu	44
Gambar 2.23 Stoper jalur dua terbuka dan membawa kemasan keluar dari Konveyor lajur dua	45
Gambar 2.24 Skema inverter 3 fasa	47
Gambar 2.25 Inverter (Variable Frequency Drive)	48
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Simbol pembacaan katup pneumatik	36
Tabel 2.2 Simbol katup pneumatik.....	37
Tabel 2.3 Sistem penomoran pada katup pneumatik	37
Tabel 2.4 Simbol metode pengaktifan	38
Tabel 2.5 Simbol aktuator pneumatik.....	38
Tabel 2.6 Simbol katup khusus	39
Tabel 2.7 Simbol khusus aplikasi sumber udara	39
Tabel 4.1 Data table top chain.....	56
Tabel 4.2 Hasil rekapitulasi perhitungan sistem pneumatik	60
Tabel 4.3 Hasil rekapitulasi perhitungan laju konveyor	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan dunia industri Indonesia saat ini mengalami peningkatan secara cepat. Hal itu ditandai dengan berdirinya pabrik – pabrik yang besar yang mempunyai teknologi diseluruh Indonesia. Seiring berjalannya waktu hal tersebut dalam bidang penyediaan peralatan listrik dan fasilitas pendukung ikut meningkat dengan cepat. Selain itu segi efisiensi dan ekonomisnya produksi sangat diperhitungkan demi kelancaran proses produksi pada pabrik – pabrik, sehingga produsen yang menjual peralatan dan fasilitas kepada pabrik tersebut harus bisa menciptakan peralatan yang mempunyai efisiensi yang tinggi dan mudah dioperasikan serta memiliki sensitifitas yang tinggi dan kuat terhadap gangguan – gangguan pada peralatan yang akan dikendali.

Hal juga didukung dengan meningkatnya hasil produksi yang besar dimana hal ini permintaan konsumen. Semakin cepat hasil produksi semakin cepat juga terjadi kerusakan yang terjadi, dalam arti kerusakan ini berdampak terhadap hasil produk, baik itu dimesin utama atau dimesin pendukung. Mesin pendukung yang dimaksud dalam hal ini membantu kelancaran kinerja dari mesin utama seperti konveyor, material blend mixer, crusher, labelling machine, induction sealing dan lain sebagainya.

Dalam hal ini mesin pendukung yang utama adalah mesin konveyor yang berfungsi sebagai pengangkut hasil produksi dari satu tempat ke tempat yang lain demi kelancaran proses kerja. Komponen pembantu dari mesin konveyor adalah silinder sebagai penahan atau stopper. Tentu tidak ada mesin yang sempurna dari segi proses kerja, yang terjadi dalam permasalahan ini kemasan sering tabrakan dipersimpangan keluaran mesin, sehingga kemasan menjadi rusak, cacat, penyok. Penyebab permasalahan ini adalah kurangnya kecepatan motor yang diatur oleh inverter sehingga konveyor yang mengangkut kemasan menjadi lamban atau bisa jadi terlalu cepat, bukan hanya juga konveyor yang bermasalah silinder juga menjadi permasalahan seperti laju silinder terlalu cepat untuk menutup sehingga kemasan menjadi penyok atau cacat. Dengan permasalahan ini penulis mengangkat tema ANALISIS SISTEM KENDALI KONVEYOR PNEUMATIK UNTUK MENGHINDARI

TABARAKAN PADA KEMASAN DI PT. PACIFIC MEDAN INDUSTRI yang beralamat jalan Pulau Nias Selatan KIM II Percut Sei Tuan Mabar Deli Serdang Sumatera Utara.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah analisa sistem pengaturan laju konveyor agar tidak terjadi tabrakan antar kemasan ?
2. Bagaimana mengatur kecepatan aliran angin untuk stoper pneumatik agar tidak merusak kemasan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk mengatur laju konveyor agar tidak terjadinya tabrakan antar kemasan sehingga kemasan tidak rusak.
2. Untuk mengatur kecepatan aliran angin yang masuk pada silinder guna menghindari kerusakan pada kemasan.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini akan dibatasi dengan batasan – batasan agar terarah dan fokus pada tujuan yakni :

1. Konveyor yang digunakan untuk mengangkut kemasan.
2. Spesifikasi pada komponen konveyor pneumatik.
3. Kapasitas konveyor pneumatik.
4. Waktu tempuh dan kecepatan konveyor pneumatik.

1.5 Metode Penelitian

Adapun metode penelitian ini sebagai berikut :

1. Studi literatur

Merupakan metode penelitian yang berasal dari buku – buku yang terdapat di perpustakaan setempat, serta buku – buku dari perusahaan yang terkait dari penelitian ini.

2. Observasi atau riset

Merupakan metode penelitian secara investigasi yang dilakukan secara aktif, tekun, dan sistematis yang bertujuan untuk menemukan, menginterpretasikan dan merevisi fakta – fakta.

1.6 Sistematika Penulisan

Langkah – langkah yang pertama dilakukan dalam tugas ini yaitu mempersiapkan hal – hal yang diperlukan antara lain buku – buku pendukung dan diskusi dengan pembimbing di lapangan. Untuk mendapatkan dan memperoleh penelitian yang terarah, maka pembahasan dilakukan beberapa bab, yakni :

Bab I PENDAHULUAN

Berisi tentang pendahuluan, latar belakang, maksud dan tujuan kerja praktek, manfaat kerja praktek, ruang lingkup kerja praktek dan sistematika penulisan

Bab II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang landasan teori relevan dan landasan teori yang menjadikan dasar dari penelitian ini.

Bab III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas lokasi penelitian, alat dan bahan, metode penelitian terkait dan struktur dari langkah – langkah penelitian ini.

Bab IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas inti dari persoalan dari penelitian ini meliputi analisa, perhitungan serta mencari titik masalah beserta penyelesaiannya.

Bab V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Kemajuan yang sangat pesat dengan dukungan teknologi yang canggih dan ekonomis akan diperoleh efektifitas dan efisiensi yang baik dari sumber daya yang di miliki suatu instansi/perusahaan. Seiring dengan gerak majunya dunia industri saat ini, perkembangan teknologi elektronika digital yang bermuara pada sistem komputer digital secara tidak langsung menjadikan teknologi kontrol turut terlibat dan mengambil bagian dari kemajuan tersebut. Aplikasinya dapat di jumpai pada perusahaan/industri modern yang menggunakan sistem kontrol yang di dalamnya terdapat sistem mikroprosesor, bahkan melibatkan sistem komputer canggih secara modern (Fitri, 2012).

Dalam kehidupan masyarakat yang modern, istilah konveyor sudah terasa begitu akrab, meskipun kehadirannya mungkin masih jarang dijumpai di banyak tempat. Sementara itu, kebutuhan akan adanya konveyor yang dapat membantu pekerjaan manusia sangatlah dibutuhkan pada saat ini, khususnya pada manusia yang ingin naik dari lantai dasar kelantai berikut-bekutnya. Konveyor ini juga bisa memindahkan barang dari lantai dasar kelantai berikutnya, sehingga meringani suatu pekerjaan dan dapat juga mencegah unsur terjadinya kecelakaan. Sebelumnya, konveyor hanya dikendalikan dengan cara manual apabila saklar telah dihidupkan maka konveyor akan hidup terus menerus (Hendri, 2014).

Dunia industri saat ini memerlukan suatu peralatan yang dapat bekerja secara otomatis untuk meningkatkan produktivitas, mempersingkat waktu produksi, menurunkan biaya produksi dan meniadakan pekerjaan rutin dan membosankan yang harus dilakukan manusia. Pengamatan di lapangan tentang proses pemuatan barang hasil produksi pada gudang penyimpanan ternyata masih menggunakan tenaga manusia. Salah satu alternatif yang

dapat mengatasi itu semua adalah dengan diciptakannya suatu alat yang dapat bekerja secara otomatis (Dyah, 2010).

Efisiensi merupakan tingkat yang dapat dicapai oleh produksi yang maksimal dengan pengorbanan yang minimal. Biaya merupakan kombinasi yang tepat dari faktor-faktor produksi yang dapat diperkecil. Menilai pemilihan dalam analisa ekonomi, efisiensi bertindak sebagai alat pengukur”. Efisiensi pada umumnya menunjukkan perbandingan antara nilai-nilai output terhadap nilai-nilai input. Suatu metode produksi dikatakan lebih efisien dari pada yang lainnya apabila metode tersebut menghasilkan output yang lebih tinggi nilainya untuk pemersatuan input yang digunakan. Peningkatan efisiensi dalam suatu perusahaan perlu selalu diupayakan bagi kelangsungan sebuah perusahaan (Umar, 2012).

Conveyor berasal dari kata “*convoy*” yang artinya berjalan bersama dalam suatu grup besar. *Conveyor* berfungsi mengangkut suatu barang dalam jumlah besar dan dapat mengatasi jarak yang diberikan. *Conveyor* telah banyak dipakai industri di seluruh dunia untuk menghemat waktu dalam mencapai jarak pengangkutan serta menghemat tenaga manusia. *Table top chain conveyor* adalah merupakan salah satu jenis *chain conveyor* yang banyak dipakai dalam industri minuman botol untuk pengisian botol minuman. *Pressless combiner conveyor* adalah *conveyor* yang dapat melakukan transfer produk dari *multilines conveyor* menuju *singleline conveyor*. *Conveyor* ini berfungsi untuk mengatur pengurangan tekanan yang disebabkan oleh rentetan produk (botol minuman) diatas *conveyor* akibat tumbukan antar produk yang terjadi akibat adanya penyempitan jalur produksi *conveyor* (Willyanto, 2009).

2.2 Landasan Teori

Perkembangan perindustrian semakin lama semakin berkembang seiring dengan perkembangan jaman. Dimana didalam perindustrian tersebut menuntut

adanya suatu kegiatan produksi yang efisien dan efektif. Semua ini diakibatkan oleh bertambah pesatnya kebutuhan manusia akan barang produksi.

Bahan-bahan yang digunakan di dalam industri sering kali merupakan bahan yang berat maupun berbahaya bagi manusia. Untuk itu diperlukan *device* untuk membantu lalu lintas distribusi suatu barang produksi, maka digunakanlah mesin pemindah bahan.

2.2.1 Definisi Mesin Pemindah Bahan

Mesin pemindah bahan merupakan salah satu peralatan mesin yang digunakan untuk memindahkan muatan dari lokasi satu ke lokasi yang lainnya, misalnya lokasi konstruksi, lokasi industri, tempat penyimpanan, bongkaran muatan dan sebagainya. Mesin pemindah bahan dalam operasinya dapat diklasifikasikan atas pesawat pengangkat dan pesawat pengangkut. Pesawat pengangkat dimaksudkan untuk keperluan mengangkat dan memindahkan muatan dari satu tempat ke tempat yang lain dengan jangkauan yang relatif terbatas seperti *crane*, *elevator*, *escalator*. Sedangkan pesawat pengangkut dapat memindahkan muatan secara berkesinambungan tanpa berhenti dan dapat mengangkut muatan dalam jarak yang relatif jauh seperti pada konveyor. Mesin pemindah bahan memindahkan bahan diantara unit proses yang terlibat dalam produksi, membawa produksi jadi (*finished product*) ke tempat produk tersebut yang akan dimuat dan memindahkan limbah produk (*production waste*) dari *production site* ke *loading area*.

1. Jenis-jenis Mesin Pemindah Bahan

Berdasarkan klasifikasinya, mesin pemindah bahan (*materials handling equipment*) dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu:

a) Peralatan pengangkat

Peralatan pengangkat yaitu peralatan yang ditujukan untuk memindahkan muatan satuan dalam satu *batch* atau kotak misal:

1. **Mesin pengangkat, misal kerek, dongkrak**

2. *Crane*, misal mobil *crane*, *tower crane*

3. *Elevator*

b) Peralatan pemindahan (*conveyor*)

Peralatan pemindahan (*conveyor*) yaitu, peralatan yang ditunjukkan untuk memindahkan muatan curah (banyak partikel atau homogen) maupun muatan satuan secara *continue*, misal: *screw conveyor*, *belt conveyor* dan *pneumatic conveyor* .

c) Peralatan permukaan dan *overhead*

Peralatan permukaan dan *overhead* yaitu peralatan yang ditujukan untuk memindahkan muatan curah dan satuan, baik *batch* maupun *continue*, misalnya:

1. *Excavator*

2. *Scraper*

3. *Bulldozer*

Setiap kelompok mesin pemindah bahan dibedakan oleh sejumlah ciri khas dan bidang penggunaan yang khusus. Perbedaan dalam desain ditangani dibedakan menjadi muatan curah (*bulk load*) dan muatan satuan (*unit load*). Bahan yang ditangani dalam bentuk muatan curah terdiri atas banyak partikel atau gumpalan yang homogen, seperti batu bara, biji besi, semen, pasir, tanah dan sebagainya. Muatan satuan bisa jadi merupakan muatan curah yang terbungkus, seperti di dalam peti kemas, karung, dan lai-lain, yang dapat berbeda dalam bobot dan bentuknya (Zainuri, 2006).

2. Pemilihan Mesin Pemindah Bahan

Mesin pemindah bahan harus dapat memindahkan muatan ketujuan yang ditentukan dalam waktu yang dijadwalkan, dan harus dihantarkan kedepartemen atau

unit produksi dalam jumlah muatan yang ditentukan. Mesin harus dapat dimekaniskan sedemikian rupa sehingga hanya memerlukan sedikit mungkin operator untuk pengendalian, pemeliharaan,serta perbaikan. Alat ini tidak boleh merusak muatan yang dipindahkan ataupun menghalangi dan menghambat proses produksi. Alat ini harus aman dalam operasinya dan ekonomis baik dalam biaya operasional maupun modal awalnya (Zainuri, 2006).

Faktor-faktor teknis yang harus diperhatikan dalam pemilihan mesin pemindah bahan, antara lain:

- 1. Jenis dan sifat bahan yang akan ditangani**
- 2. Arah dan jarak perpindahan**
- 3. Cara menyusun muatan pada tempat asal, akhir, dan antara**
- 4. Karakteristik proses produksi yang terlibat dalam pemindahan muatan**
- 5. Jangka waktu penggunaan alat**

Dalam pemilihan suatu sistem angkutan yang akan dipilih dan dijadikan pilihan untuk mengangkut material, maka banyak sekali faktor yang harus dipertimbangkan, sebelum memutuskan sistem angkutan yang mana yang akan diambil, diantara faktor-faktor yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- 1. Karakteristik dari material yang akan diangkut**
- 2. Kondisi tapak (*site*) untuk menentukan alternatif jarak, jalur, rute dan keadaan kondisi lokasi**
- 3. Ketersediaan sarana angkutan yang sudah ada**
- 4. Ketersediyaan sumber daya listrik**
- 5. Pertimbangan teknis, ekonomis, dan lingkungan**

Pemilihan peralatan juga didasarkan atas faktor-faktor ekonomis yaitu, sebagai berikut:

- 1. Biaya pengeluaran modal, meliputi: biaya peralatan, biaya pengangkutan, pemasangan, dan biaya konstruksi yang diperlukan dalam operasi.**
- 2. Biaya operasional, mencakup: upah kerja, biaya bahan bakar, biaya perawatan dan perbaikan, biaya pelumasan, pembersihan, dan perbaikan menyeluruh.**

Juga perlu dipertimbangkan parameter teknis dalam mengoperasikan mesin pemindah bahan, yang antara lain berupa:

- 1. Kapasitas pemindahan dan kecepatan (ton/jam)**
- 2. Berat mati peralatan (*dead weight of equipment*)**
- 3. Kecepatan berbagai gerakan peralatan**
- 4. Tinggi angkat (*lifting height*)**

2.2.2 Konveyor

Konveyor adalah salah satu jenis alat pengangkut yang berfungsi untuk mengangkut bahan-bahan industri yang berbentuk padat. Pemilihan alat transportasi (*conveying equipment*) material padat antara lain tergantung pada :

- 1. Kapasitas material yang di tangani**
- 2. Jarak Pemindahan material**
- 3. Arah pengangkutan : *horizontal*, vertikal dan inklinasi**
- 4. Ukuran (*size*), bentuk (*shape*), dan sifat dari material (*properties*)**

1. Klasifikasi konveyor

Konveyor dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis, sebagai berikut:

a) Belt Konveyor

Fungsi *belt* konveyor adalah untuk memindahkan muatan satuan maupun muatan curah dengan kapasitas yang cukup besar sepanjang garis lurus (*horizontal*) atau sudut inklinasi terbatas.

Konstruksi dari *belt* konveyor :

- 1. Konstruksi arah pengangkutan horizontal**
- 2. Konstruksi arah pengangkutan diagonal atau miring**
- 3. Konstruksi arah pengangkutan horizontal dan diagonal**

Belt konveyor pada dasarnya merupakan peralatan yang cukup sederhana. Alat tersebut terdiri dari sabuk yang tahan terhadap pengangkutan benda padat. Sabuk yang digunakan pada *belt* konveyor ini dapat di buat dari berbagai jenis bahan misalnya dari karet, plastik, kulit ataupun logam yang tergantung dari jenis dan sifat bahan yang akan di angkut.

Karakteristik *belt* konveyor:

- a) Dapat beroperasi secara mendatar maupun miring dengan sudut maksimum sampai dengan 18.**
- b) Sabuk di sanggah oleh plat *roller* untuk membawa bahan.**
- c) Kapasitas pengangkutan tinggi.**
- d) Dapat beroperasi secara *continiue*.**
- e) Kapasitas dapat di atur.**
- f) Perawatan mudah.**



Gambar.2.1 *Belt* konveyor *driver*

Kelemahan dari konstruksi *belt* konveyor adalah :

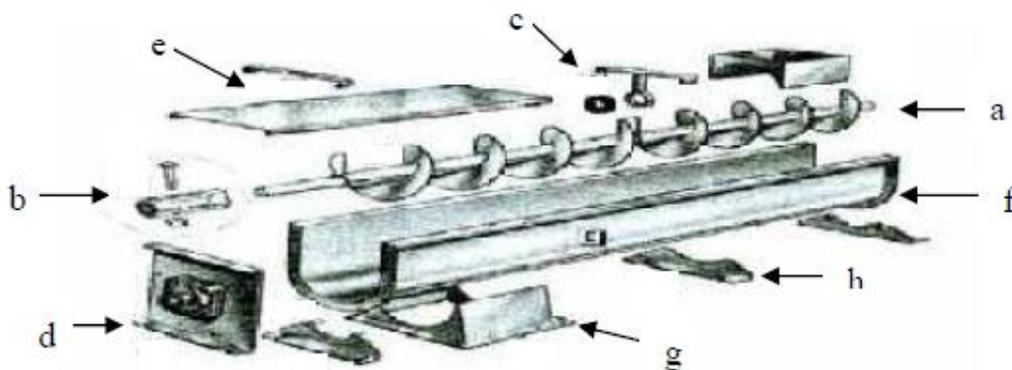
1. Biaya perencanaan yang relatif mahal

2. Sudut inklinasi terbatas

Jika *belt* panjang, perlu di pakai *training roller*, kalau *belt* pendek tanpa *training roller* tidak masalah. Pada *training roller* sering di pasang pemutus arus, untuk menjaga kalau *belt* menerima beban maksimum, sehingga *belt* dapat menyentuh *training* dan akibatnya arusnya terputus.

b) Screw Konveyor

Screw konveyor biasanya terdiri dari poros yang terpasang *screw* yang berputar dalam *trough* dan unit penggerak. Pada saat *screw* berputar, material dimasukan melalui *feeding hopper* ke *screw* yang bergerak maju akibat daya dorong (*trusht*) *screw*. Poros dan *screw* berputar sepanjang lintasan casing yang berbentuk U (U-shaped). Material yang dipindahkan ke dalam *trough* oleh satu atau lebih cawan pengisi (*feed hopper*). Berikut bagian-bagian dari *screw konveyor* dan dapat di lihat pada gambar berikut,



Gambar 2.2 Bagian – bagian utama *screw* konveyor.

a. *screw*

f. *Weld flange*

b. *Coupling*

g. *Feed and discharge spouts*

c. *Hangers and bearing*

h. *Supporting feet and saddles*

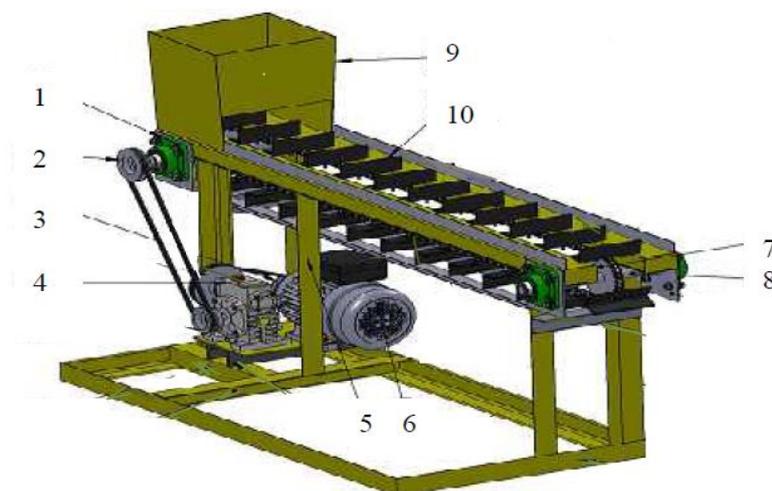
d. *Trough ends*

e. *Troughs, covers clamps and*

shrouds

c) **Chain Conveyor**

Chain conveyor atau bisa disebut dengan konveyor rantai adalah konveyor di mana rantainya tidak terputus dari jenis seluruh konveyor yang melakukan tarikan dari unit penggerak dari pada beberapa hasil pembawa beban untuk transport. Konveyor rantai hanya dapat menangani muatan padat secara satuan, pada umumnya mekanisme mesin pemindah di desain untuk melakukan suatu gerakan tertentu. Pada umumnya mesin pengangkat atau pemindah digunakan untuk muatan satuan, misalnya seperti pemindahan bagian-bagian mesin atau mesin keseluruhnya, bagian dari struktur bangunan seperti logam, baja batangan, bahan bangunan dan sebagainya.



Gambar 2.3 Bagian – bagian utama konveyor rantai

1. Bearing

6. Gear

2. Puli

7. Poros rantai

3. V-belt

8. Hopper

4. Gearbox

9. Plat siku

5. Rangka

10. Motor listrik

d) Table Top Chain

Umumnya dipakai pada industri pengemasan minuman, otomotif dan lain sebagainya. Material yang digunakan adalah *apron*, *acetal* dan ada juga yang berbahan *stainless steel*

Konveyor atau berfungsi untuk menghantarkan barang atau material dari proses satu ke proses selanjutnya.



Gambar 2.4 *Table top chain* konveyor

Conveyor berasal dari kata “convoy” yang artinya berjalan bersama dalam suatu grup besar. Konveyor dapat mengangkut suatu barang dalam jumlah besar dan dapat mengatasi jarak yang diberikan. Konveyor telah banyak dipakai industri di seluruh dunia untuk menghemat waktu dalam mencapai jarak pengangkutan serta menghemat tenaga manusia.

Pemilihan konveyor dilihat dari kapasitas beban, jarak yang ditempuh, ketinggian, sifat material, harga peralatan tersebut, dan proses yang diinginkan selain pengangkutan. Secara umum jenis atau tipe konveyor yang sering digunakan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. *Belt* konveyor
2. *Screw* konveyor
3. *Chain* konveyor
4. *Table top* konveyor

2.2.3 Pengertian Dasar Sistem Konveyor

Konveyor adalah suatu sistem mekanik yang mempunyai fungsi memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain. Konveyor banyak dipakai di industri untuk transportasi barang yang jumlahnya sangat banyak dan berkelanjutan. Dalam kondisi tertentu, konveyor banyak dipakai karena mempunyai nilai ekonomis dibanding transportasi berat seperti truk dan mobil pengangkut. Konveyor dapat memobilisasi barang dalam jumlah banyak dan kontinyu dari satu tempat ke tempat lain.

Perpindahan tempat tersebut harus mempunyai lokasi yang tetap agar sistem konveyor mempunyai nilai ekonomis. Kelemahan sistem ini adalah tidak mempunyai fleksibilitas saat lokasi barang yang dimobilisasi tidak tetap dan jumlah barang yang masuk tidak kontinyu.

Konveyor mempunyai berbagai jenis yang disesuaikan dengan karakteristik barang yang diangkut. Untuk dapat memilih bahan komponen utama yang digunakan harus terlebih dahulu menghitung kapasitas konveyor, menentukan jenis konveyor yang akan digunakan misalnya menggunakan *belt*, *chain*, *screw*, *table top* dan lain sebagainya. Menentukan waktu tempuh dan kecepatan konveyor serta menghitung beban kemasan yang akan diangkut oleh konveyor (Ryanto, 2015).

A. Waktu Tempuh dan Kecepatan Konveyor

Pengukuran waktu tempuh konveyor dengan dua tahap yaitu pada saat kosong atau tanpa beban dan dengan menggunakan beban. Waktu tempuh konveyor dapat dihitung berdasarkan waktu tempuh dari ujung alat hingga mencapai ujung lainnya dengan menggunakan *stopwatch*. Perhitungan kecepatan baik pada saat kosong dan dengan beban kemasan 3 liter dan 5 liter dapat dihitung dengan membagi jarak tempuh dengan waktu tempuh sesuai dengan rumus (1) di bawah ini :

$$v = \frac{S (m)}{t (s)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

v = kecepatan konveyor

S = jarak tempuh (m)

t = waktu tempuh (s)

Parameter yang diperlukan yaitu jarak tempuh *chain* dan waktu tempuh *chain* untuk sampai ke ujung konveyor.

B. Perhitungan Kapasitas

Kapasitas konveyor dihitung berdasarkan waktu dalam pengangkutan beban. Dari rumus (2), besar kapasitas pada konveyor dapat diketahui dengan cara menghitung massa yang dihasilkan per satuan waktu :

$$Q = \frac{m (kg)}{t (jam)} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

m = massa hasil pemindahan oleh belt konveyor (kg)

t = waktu yang diperlukan dalam pemindahan (jam)

Q = kapasitas belt konveyor (kg/jam)

Parameter yang diperlukan yaitu massa hasil pemindahan oleh konveyor dan waktu yang diperlukan dalam pemindahan.

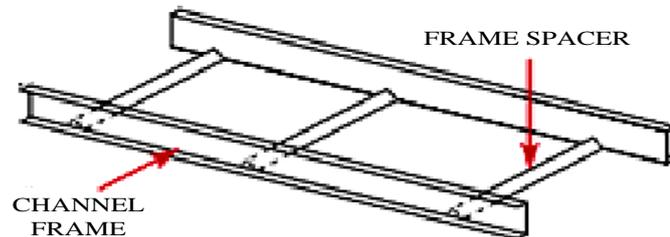
2.2.4 Komponen Utama dan Fungsi Konveyor

Komponen utama alat dan fungsi dalam sistem konveyor adalah sebagai berikut:

1. Kerangka Badan

Kerangka badan mempunyai fungsi untuk menunggangi rol agar lokasi rol tidak berpindah – pindah. Pemasangan rol dengan kerangka badan ini harus pas agar tidak terjadi getaran yang tidak diinginkan saat rol berputar. Selain itu, kerangka badan ini

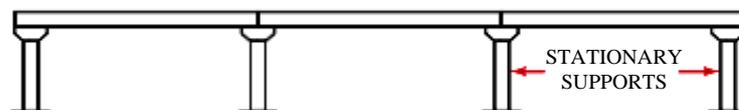
juga menentukan jarak antar rol yang sesuai agar unit yang akan ditransportasikan tidak jatuh.



Gambar 2.5 Kerangka konveyor

2. Tiang Penyangga

Tiang penyangga mempunyai fungsi untuk pondasi kerangka badan sistem rol konveyor. Kerangka badan ini desain sebagai tumpuan rol konveyor terhadap tanah yang dilalui oleh sistem konveyor



Gambar 2.6 Tiang penyangga konveyor

3. Motor Penggerak

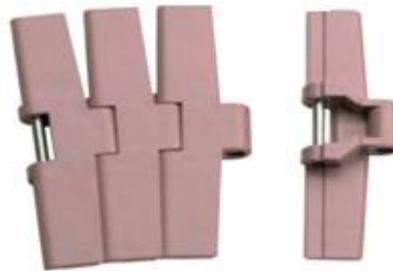
Motor penggerak mempunyai fungsi untuk menggerakkan penggerak rol agar selalu berputar sesuai dengan kecepatan yang diinginkan operator. Motor penggerak ini pada umumnya ditempatkan diujung paling akhir alur rol konveyor agar bisa menjaga rantai transmisi tetap tegang.



Gambar 2.7 Aplikasi motor penggerak

4. Table Top

Mempunyai fungsi sebagai pemindah barang yang akan ditransportasikan. Saat berputar diupayakan tidak bergerak agar tidak merusak barang yang akan ditransportasikan. Dimensi *table top* juga harus sama agar barang yang diangkut tidak tersendat dan dapat menumpu barang dengan sempurna.



Gambar 2.8 Komponen *table top* konveyor

Pada sistem ini mempunyai perhatian khusus karena merupakan komponen yang paling utama dalam sistem ini. Sehingga desain dan perawatan dan harus mendapatkan perhatian yang lebih utama.

5. Sistem Transmisi

Sistem transmisi mempunyai fungsi untuk menstransmisi daya pada penggerak ke sistem konveyor. Transmisi pada sistem ini terbagi menjadi 2 bagian, yaitu transmisi antara *gearbox* motor penggerak dengan penggerak sprocket top table konveyor. Sistem transmisi antara *gearbox* penggerak dengan penggerak biasanya ditempatkan diujung paling akhir dari jalur konveyor.



Gambar 2.9 Sistem transmisi konveyor

Komponen ini sendiri adalah terdiri dari roda penggerak atau *gearbox*, poros *gearbox* yang dihubungkan ke gigi pemutar *table top* konveyor serta susunan komponen tersebut seperti gambar diatas.

Sistem transmisi antara penggerak biasanya ditempatkan pada kerangka badan sistem konveyor. Transmisi ini biasanya digunakan roda gigi atau sproket dengan perbandingan kecepatan putar 1:1 agar kecepatan putar sama dan barang yang ditransportasikan dapat berjalan dengan baik.

2.3 Definisi Pneumatika

Pneumatik merupakan teori atau pengetahuan tentang udara yang bergerak, keadaan-keadaan keseimbangan udara dan syarat-syarat keseimbangan. Pneumatik berasal dari bahasa Yunani "*pneuma*" yang berarti "nafas" atau "udara". Jadi pneumatik berarti terisi udara atau digerakkan oleh udara mampat.

Sistem pneumatik (*pneumatic system*) adalah semua sistem yang menggunakan tenaga yang disimpan dalam bentuk udara yang dimampatkan, serta dimanfaatkan untuk menghasilkan suatu kerja. Udara mampat adalah udara atmosfer yang diisap oleh kompresor dan dimampatkan dari tekanan normal (0,98 bar) sampai tekanan yang lebih tinggi (antara 4 – 8 bar).

Pada mulanya pemakaian udara mampat terbatas untuk alat – alat kerja dengan peralatan tumbuk atau putar. Namun dengan perkembangan teknologi, mekanisasi dan otomatisasi, maka setelah Perang Dunia II banyak digunakan pada proses produksi.

2.3.1 Karakteristik Udara Mampat

Dalam jangka waktu yang relatif singkat, penggunaan sistem kontrol pneumatik sudah sedemikian luasnya. Salah satu alasannya adalah bahwa udara mudah diperoleh dan murah.

Karakteristik-karakteristik udara mampat berkaitan dengan penerapan pada sistem kontrol pneumatik :

1. Jumlah

Udara tersedia di mana saja dan dalam jumlah yang tak terhingga.

2. Pengangkutan

Udara mampat dapat diangkut dengan mudah melalui saluran pipa-pipa atau selang. Di sini tidak dibutuhkan saluran balik, karena udara bekas dapat langsung dibuang di udara bebas.

3. Penyimpanan

Kompresor tidak harus selalu beroperasi Udara mampat dapat disimpan di dalam tangki.

4. Suhu

Udara mampat tahan terhadap perubahan suhu. Hal ini menjadikan jaminan kerja yang lebih besar dari sistem kontrol pneumatik.

5. Tahan ledakan

Udara mampat tidak menyebabkan bahaya ledakan atau kebakaran.

6. Kebersihan

Udara mampat bersih. Bila terdapat kebocoran saluran atau komponen, maka tidak akan menyebabkan polusi.

7. **Konstruksi**

Konstruksinya sederhana sehingga komponen – komponennya murah.

8. **Kecepatan**

Udara mampat dapat mencapai kecepatan aliran yang tinggi (kecepatan operasi silinder pneumatik adalah 1 – 2 m/s)

9. **Pengaturan**

Kecepatan dan gaya dari udara mampat serta peralatan pneumatik dapat diatur secara tak terbatas.

10. **Tahan beban lebih**

Peralatan pneumatik dan perlengkapan operasinya dapat dibebani lebih hingga berhenti. Suatu jaringan pneumatik dapat diberi beban lebih tanpa merusak.

11. **Tidak punya bentuk khusus**

Sebagaimana umumnya gas, udara juga tidak mempunyai bentuk yang khusus.

Bentuknya mudah berubah karena tahananannya kecil. Udara akan berubah bentuk sesuai dengan tempatnya.

12. **Kompresibel**

Udara dapat dimampatkan dan selalu berusaha untuk mengembang. Sifat ini pula yang menyebabkan suatu sistem pneumatik perlu trik khusus untuk mengatur pergerakan presisi.

2.3.2 Konstruksi Sistem Pneumatik

Yang dimaksud dengan konstruksi sistem pneumatik di sini adalah konstruksi rangkaian komponen-komponen pneumatik yang lengkap. Secara umum komponen-

komponen pneumatik dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) yaitu : unit tenaga, unit pengatur dan unit penggerak.

a. **Unit Tenaga (*power pack*)**

Unit ini berfungsi untuk membangkitkan tenaga fluida yaitu berupa aliran udara mampat. Unit tenaga ini terdiri atas kompresor yang digerakkan oleh motor listrik atau motor bakar, tangki udara (*receiver*) dan kelengkapannya, serta unit pelayanan udara yang terdiri atas filter udara, regulator pengatur tekanan dan *lubricator*.

1) **Kompresor**

Berfungsi untuk membangkitkan udara mampat. Menurut cara kerjanya, kompresor dibagi menjadi :

a) **Kompresor pemindah**

Kompresor yang bekerja berdasarkan prinsip pemindahan. Udara dikempa oleh gerakan torak yaitu udara dimasukkan ke dalam ruangan kemudian dimampatkan.

b) **Kompresor aliran**

Kompresor yang bekerja berdasar prinsip aliran udara. Udara disedot masuk ke dalam kompresor melalui satu sisi dan mengempunya dengan percepatan masa.

2) **Tangki udara**

Berfungsi untuk menampung dan menstabilkan pemakaian udara mampat serta dapat berfungsi untuk mendinginkan udara mampat yang terdapat di dalam tangki.

3) Unit Pelayanan Udara (*service unit*)

Bila udara mampat di dalam tangki udara akan didistribusikan ke seluruh sistem pneumatik harus diatur sedemikian rupa sehingga udara yang keluar memenuhi kriteria sebagai berikut :

- a) Udara yang masuk ke dalam sistem harus bersih. Untuk itu udara yang keluar dari tangki harus disaring dengan filter.



Gambar 2.10 Unit pelayan udara

- b) Tekanan udara mampat yang masuk ke dalam sistem harus sesuai dengan tekanan operasi. Untuk itu perlu adanya alat pengatur tekanan (*pressure regulator*).
 - c) Udara yang masuk ke dalam sistem harus mampu melumasi komponen-komponen yang bergerak. Untuk itu udara harus dicampur dengan kabut oli. Hal ini dapat dicapai dengan adanya *lubricator*.
- b. Unit pengatur (*control element*)

Unit pengatur merupakan bagian pokok yang menjadikan sistem pneumatik termasuk sistem otomasi. Karena dengan unit pengatur ini hasil kerja dari sistem pneumatik dapat diatur secara otomatis baik gerakan, kecepatan, urutan gerak, arah gerakan maupun kekuatannya. Dengan unit pengatur ini sistem pneumatik dapat didesain untuk berbagai tujuan otomatis dalam suatu mesin industri.

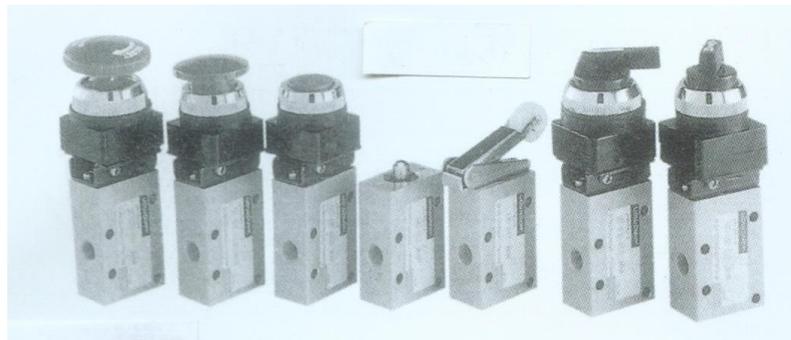
Fungsi dari unit pengatur ini adalah untuk mengatur atau mengendalikan jalannya penerusan tenaga fluida hingga menghasilkan bentuk kerja (usaha) yang berupa tenaga mekanik. Bentuk-bentuk dari unit pengatur ini berupa katup (*valve*) yang bermacam-macam. Katup adalah suatu alat yang menerima perintah dari luar untuk melepas, menghentikan atau mengarahkan fluida yang melalui katup tersebut.

Menurut fungsinya katup-katup tersebut dibedakan menjadi 5 (lima) kelompok yaitu :

- a) Katup pengarah (*Directional control valves*)
- b) Katup satu arah (*Non-return valves*)
- c) Katup pengatur tekanan (*Pressure control valves*)
- d) Katup pengatur aliran (*Flow control valves*)
- e) Katup kombinasi

1) Katup kombinasi

Katup ini berfungsi untuk mengontrol aliran dalam rangkaian dan melangsungkan fungsi-fungsi *logic control*.



Gambar 2.11 Katup pengarah (*directional control valve*)

2) *Non return valve / check valve*

Check valve adalah katup satu arah, artinya katup hanya dapat digunakan untuk satu arah aliran saja. *Check valve* dapat berfungsi sebagai pengarah aliran dan juga sebagai *pressurecontrol*.

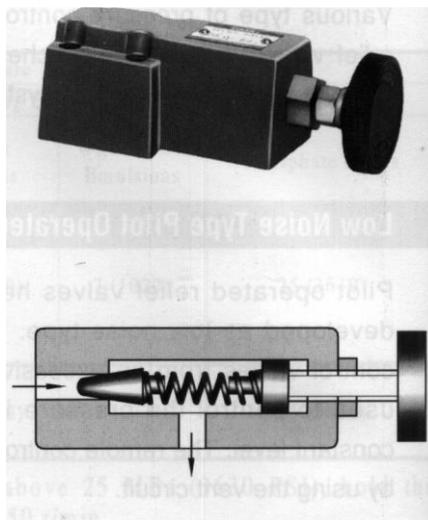


Gambar 2.12 Katup satu arah

3) Katup pengatur tekanan (*pressure control valve*)

Pengatur tekanan udara dilakukan untuk berbagai tujuan antara lain untuk membatasi tekanan operasional dalam sistem pneumatik, untuk mengatur tekanan agar penggerak pneumatik dapat bekerja secara berurutan, untuk mengurangi tekanan yang mengalir dalam saluran tertentu menjadi kecil.

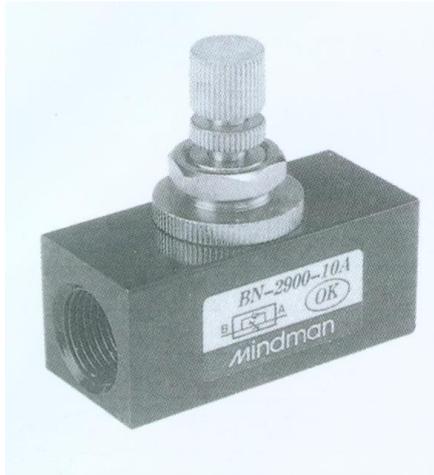
Sehingga sesuai dengan tujuan penggunaan tersebut maka katup pengatur tekanan dibedakan menjadi beberapa macam antara lain : relief valve, sequence valve, dan lain-lain.



Gambar 2.13 Katup pengatur tekanan

4) Katup pengatur aliran (*flow control valve*)

Katup ini digunakan untuk mengatur volume aliran yang berarti mengatur kecepatan gerak piston (*actuator*).



Gambar 2.14 Katup pengatur aliran

Fungsi dari pemasangan flow control valve pada rangkaian pneumatik antara lain untuk membatasi kecepatan maksimum gerakan piston/motor pneumatik, untuk membatasi daya yang bekerja

$$daya = \text{rata - rata} \times \text{tekanan} \dots \dots \dots (2.3)$$

serta untuk menyeimbangkan aliran yang mengalir pada cabang-cabang rangkaian pneumatik. Sehingga untuk memenuhi fungsi-fungsi tersebut di atas maka flow control valve dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain fixed flow control, variable flow control, flow control dengan check valve dan flow control dengan relief valve.

c. Unit Penggerak (*actuator*)

Unit ini berfungsi untuk mewujudkan hasil transfer daya dari tenaga fluida, berupa gerakan lurus atau gerakan putar. Penggerak yang menghasilkan gerakan lurus adalah silinder penggerak, sedangkan yang menghasilkan gerakan putar adalah motor pneumatik.

1) Silinder Pneumatik

Dalam sistem pneumatik, silinder penggerak dibedakan menjadi :

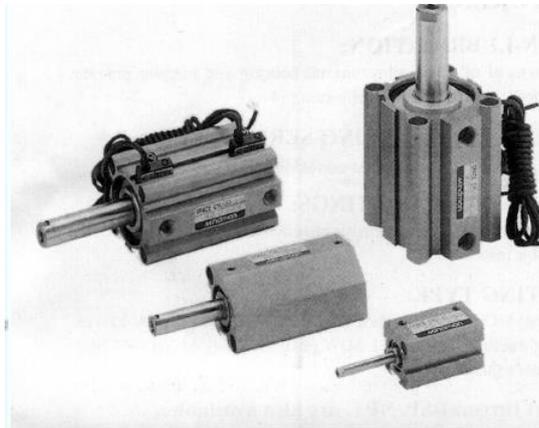
a) Silinder Kerja Tunggal

Pada silinder ini udara mampat bekerja hanya pada satu sisi. Untuk mengembalikan piston ke posisi semula digunakan pegas. Cara pemasangan pegas ada 2 (dua) macam, yaitu :

1. Pegas dipasang pada sisi batang piston. Dalam hal ini pegas hanya berfungsi untuk mengembalikan piston ke posisi semula, sedangkan langkah kerja dilakukan oleh tekanan udara mampat. Silinder penggerak jenis ini biasanya digunakan untuk pencekaman, pengepresan, pengungkitan, pengangkatan dan sebagainya.

2. Pegas dipasang pada sisi yang tanpa batang piston.

Dalam hal ini pegas berfungsi sebagai pelaku langkah kerja, sedangkan udara mampat dari sebelah sisinya berfungsi untuk mengembalikan ke posisi semula yaitu posisi tidak kerja.



Gambar 2.15 Silinder pneumatik

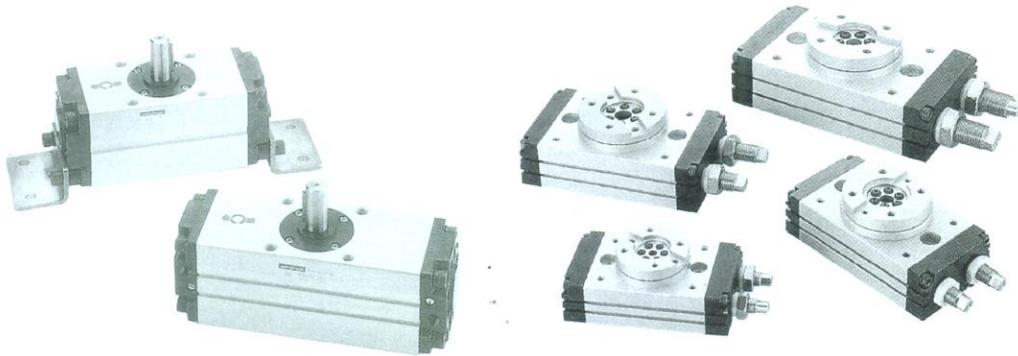
b) Silinder Kerja Ganda

Silinder kerja ganda adalah apabila langkah kerja terjadi pada kedua belah sisi piston, jadi udara mampat mendorong pada sisi depan maupun sisi belakang secara bergantian.

2) Motor Pneumatik

Menurut bentuk dan konstruksinya, motor pneumatik dibedakan menjadi :

- a) **Motor torak**
- b) **Motor baling-baling luncur**
- c) **Motor roda gigi**



Gambar 2.16 *Rotary actuator*

Karakteristik motor pneumatik :

- a) **Kecepatan putaran dan tenaga dapat diatur secara tak terbatas.**
- b) **Batas kecepatan cukup lebar.**
- c) **Ukuran kecil sehingga ringan.**
- d) **Ada pengaman beban lebih.**
- e) **Tidak peka terhadap debu, cairan, panas dan dingin.**
- f) **Tahan ledakan.**
- g) **Mudah dalam pemeliharaan.**
- h) **Arah putaran mudah dibolak-balik.**

2.3.3 Tekanan

Pada umumnya tekanan atmosfer dianggap sebagai tekanan dasar. Tekanan atmosfer tidak mempunyai nilai yang konstan. Variasi nilainya tergantung pada letak geografis dan iklimnya. Daerah dari garis nol tekanan absolut sampai garis tekanan atmosfer disebut daerah

vakum dan diatas garis tekanan atmosfer adalah daerah tekanan. Tekanan absolut terdiri atas tekanan atmosfer dan tekanan ukur. Tekanan absolut biasanya 1 bar lebih besar dari tekanan relatif.

2.3.4 Hukum-hukum dalam pneumatika

1. Hukum Newton

Gaya = Massa x percepatan

$$F = m \cdot a \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan, a = percepatan gravitasi = 9,81 - 10m/dtk²

2.3.5 Teori kontrol

Alokasi dari sebuah sistem kontrol dari salah satu dari tiga jenis sistem kontrol tergantung pada tugas yang akan diliputi. Sebagai contoh

1. Sistem kontrol dengan program

Artinya perencanaan telah memilih satu diantara tiga grup sistem kontrol.

a) Sistem kontrol pilot (manual)

Selalu ada hubungan yang jelas antara nilai perintah atau referensi dan nilai keluaran yang disediakan. Variabel gangguan tidak menyebabkan penyimpangan. Pilot kontrol ini tidak mempunyai fungsi memori.

b) Sistem kontrol dengan memori

Ketika nilai perintah atau referensi dihilangkan atau dibatalkan, khususnya setelah penyelesaian sinyal masukan, tercapainya nilai keluaran dipertahankan (memori). Sebuah nilai perintah yang berbeda atau sebuah sinyal untuk melawan sinyal masukan dibutuhkan untuk mengembalikan nilai keluaran ke nilai awal.

2.3.6 Sistem kontrol dengan koordinasi gerakan

Pada sistem kontrol dengan koordinasi gerakan, nilai masukannya dicatu oleh pembangkit sinyal yang nilai keluarannya tergantung pada posisi bagian yang bergerak dengan siklus terkontrol.

Program berurutan disimpan dalam sebuah pembangkit program yang menjalankan program selangkah demi selangkah sesuai dengan status yang dicapai oleh sistem yang dikontrol. Program ini boleh dipasang secara permanen atau dibaca dari kartu punch, pita magnetik, dan jenis memori yang lain.

2.3.7 Klasifikasi berdasarkan jenis sinyal

a) Sistem kontrol analog

Adalah sebuah sistem kontrol yang mengoperasikan sinyal analog dalam bagian pengolah sinyal.

b) Sistem kontrol digital

Adalah sebuah sistem kontrol yang mengoperasikan sinyal bilangan digital dalam bagian pengolah sinyal.

c) Sistem kontrol biner

Adalah sistem kontrol yang mengoperasikan sinyal biner dalam bagian pengolah sinyal dimana sinyal tidak berbentuk bilangan sebagai perwakilan data.

2.3.8 Aliran Sinyal dan rantai kontrol

Suatu kontrol selalu terdiri dari sejumlah blok yang merupakan kumpulan sejumlah komponen yang tertata. Pada saat yang sama, juga tampak adanya aliran sinyal. Rantai kontrol dicirikan oleh adanya suatu aliran sinyal dari sinyal masukan melalui sinyal proses menuju sinyal keluaran dan pelaksanaan perintah. Tentu saja harus ada komponen masukan, proses dan keluaran (Ariosuko, 2010).

2.4 Dasar Sistem Pneumatik

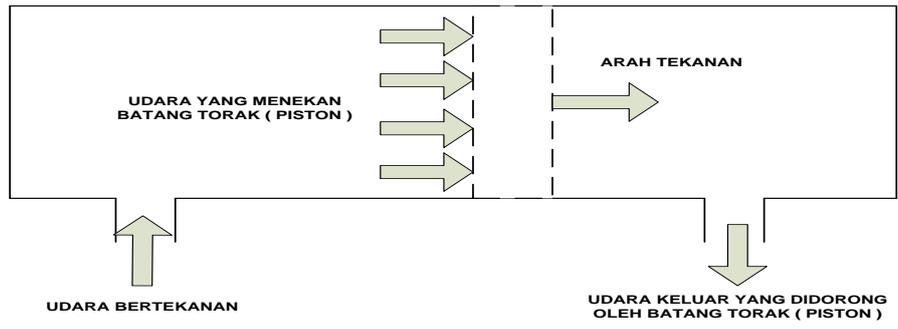
Pada dasarnya dari penggunaan teknik pneumatik dalam industri diseluruh dunia sebenarnya dimulai hanya ketika industri - industri itu membutuhkan otomatisasi dan rasionalisasi rangkaian operasional secara kontinyu untuk mempertinggi produktifitas dengan biaya yang lebih murah.

Sistem pneumatik memiliki aplikasi yang luas karena udara pneumatik bersih dan mudah didapat. Banyak industri yang menggunakan sistem pneumatik dalam proses produksi seperti industri makanan, industri obat-obatan, industri pengepakan barang maupun industri yang lain. Belajar pneumatik sangat bermanfaat mengingat Hampir semua industri sekarang memanfaatkan sistem ini. Ciri – ciri sistem pneumatik sebagai berikut :

1. Sistem pengempaan, udara disedot (dihisap) dari atmosfer kemudian dikompresi (dikempa) sampai batas tekanan kerja yang diinginkan. Selama terjadi kompresi maka suhu udara akan naik.
2. Pendinginan dan penyimpanan. Suhu udara yang naik harus didinginkan dan disimpan dalam keadaan bertekanan sampai keobjek yang diperlukan.
3. Ekspansi (pengembangan), udara diperbolehkan untuk melakukan kerja ketika diperlukan.

2.4.1 Dasar Pneumatik

Tenaga fluida adalah istilah yang mencakup pembangkitan, kendali dan aplikasi dari fluida bertekanan yang digunakan untuk memberikan gerak. Berdasarkan fluida yang digunakan tenaga fluida dibagi menjadi pneumatik, yang menggunakan udara. Dasar dari aktuator tenaga fluida adalah bahwa fluida mempunyai tekanan yang sama ke segala arah. Dalam sistem kontrol pneumatik, aktuator berupa batang Torak (*Piston*) mendapat tekanan udara dari katup masuk, yang kemudian memberikan gaya kepadanya.



Gambar 2.17 Pergerakan udara pada batang torak

Gaya inilah yang menggerakkan piston pneumatik, baik maju atau mundur yang menggunakan fluida yang dapat terkompresi (*compressible fluid*). Jadi, berdasarkan gambar, kita dapat melihat prinsip kerja sistem kontrol pneumatik, yaitu tekanan udara sebagai penyebab adanya gerakan. Gaya tekan atau disebut dengan gaya tekanan ideal (*Effective Force*) yang dipengaruhi dengan luasnya batang torak dengan friksi atau gaya gesek sebesar 10% (sepuluh persen).

$$Effective\ force\ F = (p \cdot \pi / 4 \cdot d^2) - R \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

F = tekanan/*Force*(N)

P = tekanan aliran udara(bar),(pascal)

R = Friksi / gesekan (N)

Udara yang masuk pada batang torak dipengaruhi oleh volume udara yang masuk yang berperan cepat atau lambatnya sebuah silinder untuk bergerak mundur dan maju akan tetapi volume udara dengan satuan liter juga dipengaruhi oleh besarnya diameter pada suatu silinder. Pada saat bergerak maju

$$Volume\ (V) = p \cdot \pi / 4 \cdot d^2 \cdot h \dots \dots \dots (2.6)$$

Pada saat bergerak mundur

$$Volume\ (V) = p \cdot \pi / 4 \cdot (d^2 - d_1^2) \cdot h \dots \dots \dots (2.7)$$

Pada saat maju dan mundur juga dipengaruhi oleh panjangnya sebuah silinder *stroke*. Udara sebagai fluida kerja pada sistem kontrol pneumatik memiliki karakteristik khusus, antara lain :

1. Jumlahnya tidak terbatas
2. Mencari tekanan yang lebih rendah
3. Dapat dimanfaatkan
4. Memberikan tekanan yang sama rata ke segala arah
5. Tidak mempunyai bentuk (menyesuaikan dengan tempatnya)
6. Mengandung kadar air

Sistem pneumatik, sebagaimana sistem pengontrolan yang lain, memiliki kelebihan serta kekurangan, diantara lain :

Kelebihan sistem pneumatik

1. Bersih
2. Media control tidak terbatas
3. Cepat / responsive

Kekurangan sistem pneumatik

1. Kesulitan untuk mengatur posisi presisi akibat sifat kompresibilitas yang dimiliki udara.
2. Daya yang dihasilkan kecil.
3. Membutuhkan investasi awal yang cukup besar untuk sistem pengadaan dan pendistribusian udara.

Saat ini dalam penggunaannya pneumatik banyak dikombinasikan dengan sistem elektrik. Rangkaian elektrik berupa saklar, *solenoid*, dan *limit switch* digunakan sebagai penyusun sistem kendali katup (Ryanto, 2015).

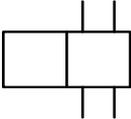
2.4.2 Simbol – Simbol Pneumatik

A. Katup Kontrol Arah

Katup kontrol arah adalah alat atau instrumentasi yang berfungsi sebagai switch/saklar aliran udara. Pensaklaran yang diaplikasikan memiliki banyak sistem diantaranya memakai *coil solenoid*, penggerak tangan atau mekanik dan lain- lain. KKA juga berfungsi sebagai serangkaian fungsi logika atau *timer* pneumatik.

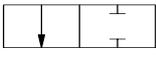
1. Cara Membaca Katup Pneumatik

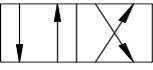
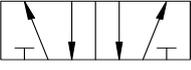
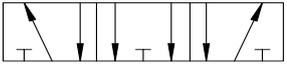
Tabel 2.1 Simbol pembacaan katup pneumatik

	Kotak menunjukkan posisi pensakelaran katup
	Jumlah kotak menunjukkan posisi pensakelaran katup Contoh : kotak 2 menunjukkan posisi ON dan OFF, kotak 3 menunjukkan posisi 1-0-2
	Garis menunjukkan lintasan aliran Panah menunjukkan arah aliran
	Garis blok menunjukkan aliran tertutup
	Garis diluar kotak menunjukkan saluran masukan dan keluaran diposisi awal

2. Simbol Katup Kontrol Arah

Tabel 2.2 Simbol katup pneumatik

SIMBOL	NAMA KATUP
	KKA 2/2, N/C
	KKA 2/2, N/O

	KKA 3/2, N/C
	KKA 4/2
	KKA 5/2
	KKA 5/3, Posisi tengah tertutup

3. Penomoran Pada Lubang Katup Kontrol Arah

Sistem penomoran yang digunakan untuk menandai KKA sesuai dengan DIN ISO 5599. Sistem huruf terdahulu digunakan dan sistem penomoran dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 2.3 Sistem penomoran pada katup pneumatik

Lubang/Sambungan	Kode Sistem Angka	Kode 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 3/2)

4. Metode Pengaktifan

Metode pengaktifan KKA bergantung pada tugas yang diperlukan . Jenis pengaktifan bervariasi, seperti secara mekanis, pneumatis, elektris dan kombinasi dari semuanya. Simbol metode pengaktifan diuraikan dalam standar DIN 1219 berikut ini :

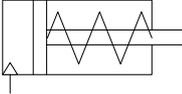
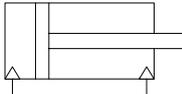
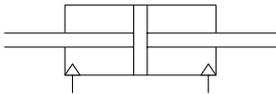
Tabel 2.4 Simbol metode pengaktifan

JENIS PENGAKTIFAN	KETERANGAN
	Operasi tombol

	Tombol
	Operasi tuas
	Operasi pedal kaki
	Operasi pegas
	Operasi solenoid

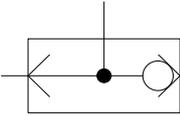
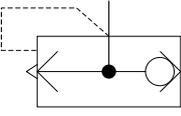
5. Simbol Aplikasi Aktuator Silinder

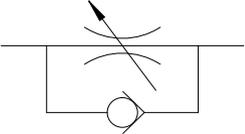
Tabel 2.5 Simbol aktuator pneumatik

NAMA AKTUATOR	KETERANGAN	SIMBOL
Silinder kerja tunggal	Langkah kembali oleh pegas	
Silinder kerja ganda	Silinder dengan tekanan dapat bekerja ke dua arah (langkah maju mundur) Dengan batang piston tunggal	
	Dengan batang piston ganda	

6. Simbol Katup Khusus

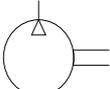
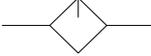
Tabel 2.6 Simbol katup khusus

NAMA KOMPONEN	KETERANGAN	SIMBOL
Katup tunggal (<i>Shuttle Valve</i>)	Lubang keluaran akan bertekanan, bila salah satu atau kedua lubang bertekanan	
Katup pembuangan cepat (<i>Quick Exhaust Valve</i>)	Bila lubang masukan disuplai oleh udara bertekanan, lubang keluaran akan membunag udara secara langsung	

Katup control aliran satu arah (<i>One Way Flow Control Valve</i>)	Katup cek dengan katup control aliran Katup control aliran dengan arah aliran satu arah dan dapat diatur	
--	---	--

7. Simbol Aplikasi Sistem Sumber Udara

Tabel 2.7 Simbol aplikasi sumber udara

NAMA OMPONEN	KETERANGAN	SIMBOL
Pompa Udara (<i>Compressor</i>)	Kapasitas tetap	
Tangki udara (<i>Receiver Tank</i>)	Alat untuk menyimpan udara bertekanan	
Penyaring Udara (<i>Filter atau Separator</i>)	Alat untuk menyaring kotoran yang terbawa udara	
Pelumasan (<i>Lubrication</i>)	Alat yang mensuplai oli untuk melumasi alat katup control arah	

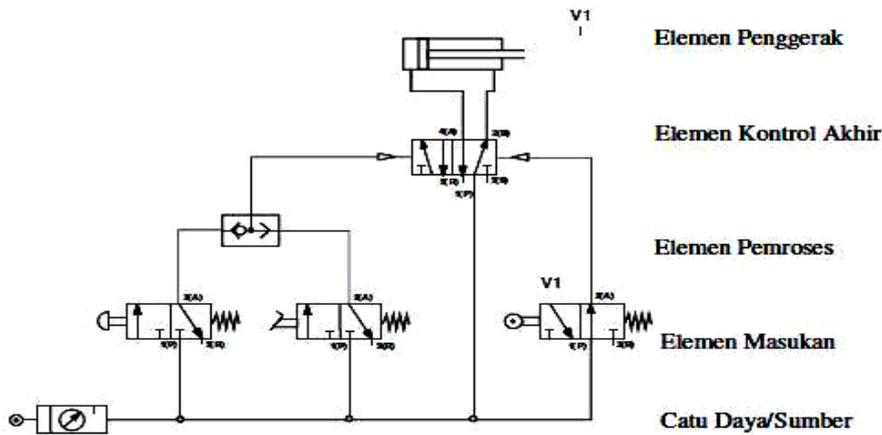
2.4.3 Tata Letak Rangkaian Pneumatik

Yang dimaksud tata letak rangkaian adalah diagram rangkaian harus digambar tanpa mempertimbangkan lokasi tiap elemen yang diaktifkan secara fisik. Dianjurkan bahwa semua silinder dan katup kontrol arah digambarkan secara horisontal dengan silinder bergerak dari kiri ke kanan, sehingga rangkaian lebih mudah dimengerti.

Contoh :

Batang piston silinder kerja ganda bergerak keluar jika tombol tekan atau pedal kaki ditekan. Batang torak kembali ke posisi awal setelah keluar penuh

dan tekanan pada tombol atau pedal kaki dilepas. Masalah di atas dipecahkan oleh rangkaian kontrol dengan tata letak gambar diagram berikut ini.



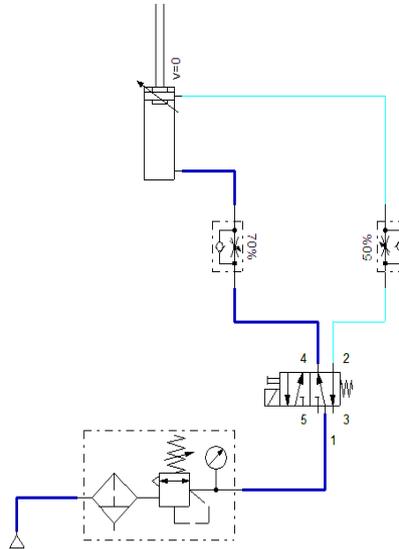
Gambar 2.18 Tata letak aplikasi pneumatik

2.5 Sistem Kendali Konveyor Pneumatik

Konveyor pneumatik adalah konveyor yang difungsikan untuk mengantar barang dari satu tempat ke tempat berikutnya dengan menggunakan sistem pneumatik sebagai komponen pembantu untuk melancarkan sistem pendistribusi barang tersebut. Konveyor tersebut telah dirancang sedemikian rupa dengan menggunakan sistem pengumpul atau disebut sistem akumulasi. Jadi mesin produksi menghasilkan kemasan yang kemudian ditransfer ke sistem berikutnya dengan menggunakan lajur konveyor yang telah dirancang dengan menggunakan sistem pneumatik. Sistem pneumatik dalam konveyor ini sebagai penahan (*stopper*) pemberhentian sementara, jadi kemasan yang keluar dari mesin produksi ditampung sementara untuk dikumpulkan. Setelah kemasan terkumpul dengan jumlah yang diinginkan maka stoper akan membuka sehingga kemasan akan didistribusi ketahap proses selanjutnya. Sistem ini dirancang secara kontinuis.

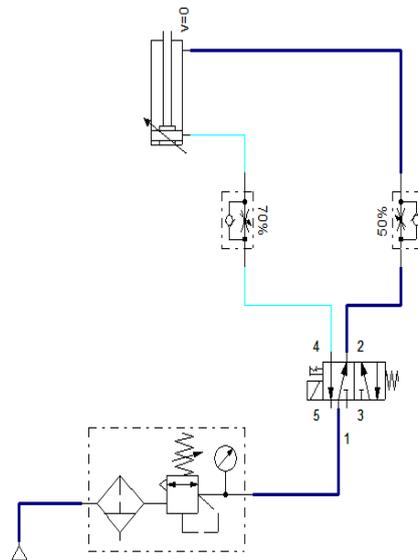
2.5.1 Sistem Kerja Stoper Pneumatik

Ketika posisi normal udara bertekanan (garis biru) dari kompresor bertekanan 8bar setelah masuk regulator udara bertekanan diatur sampai 6bar lalu udara bertekanan masuk katup kontrol dan katup pengatur kecepatan aliran sehingga menekan batang toral silinder.



Gambar 2.19 Sistem kerja stoper pada posisi menutup

Ketika posisi berkerja katup kontrol akan membuka aliran (garis warna biru), sehingga aliran yang bertekanan akan menekan batang silinder untuk posisi mundur.



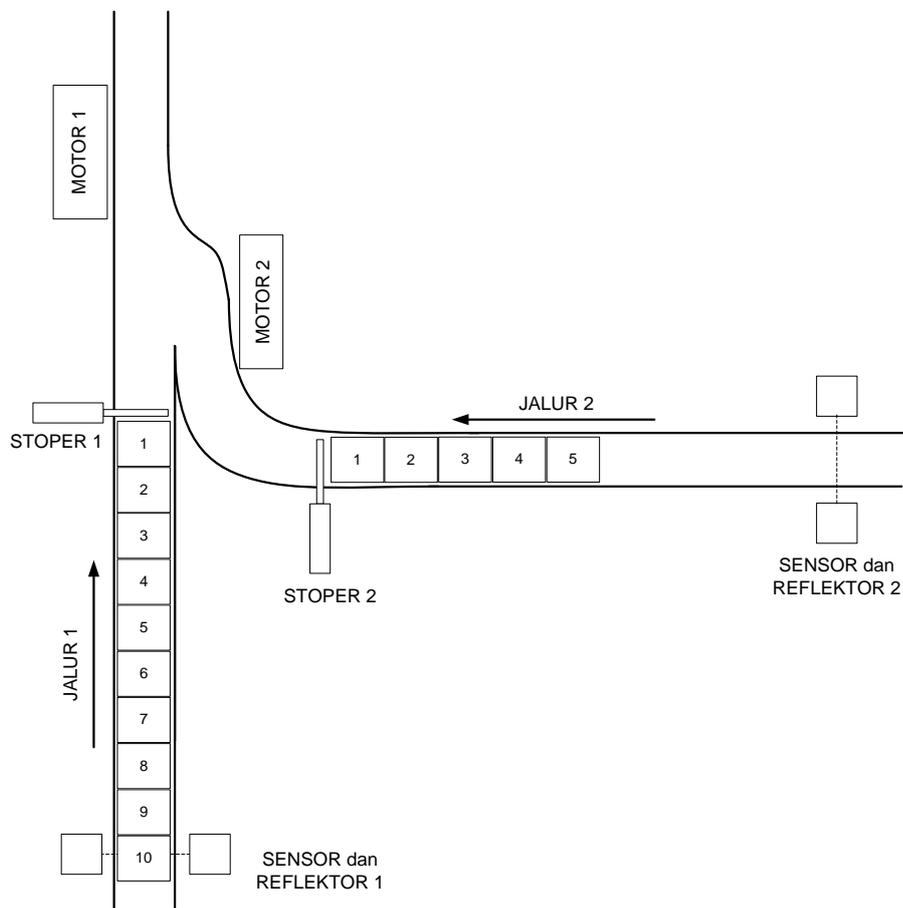
Gambar 2.20 Sistem kerja stoper pada posisi membuka

Kecepatan silinder untuk membuka dan menutup diperalat katup kecepatan aliran dengan dipengaruhi seberapa persen posisi katup untuk mengalirkan udara, semakin besar

nilai persen semakin cepat pula udara mengalir dan jika semakin kecil nilai persen semakin lama pula udara mengalir.

2.5.2 Sistem Kerja Konveyor Pneumatik

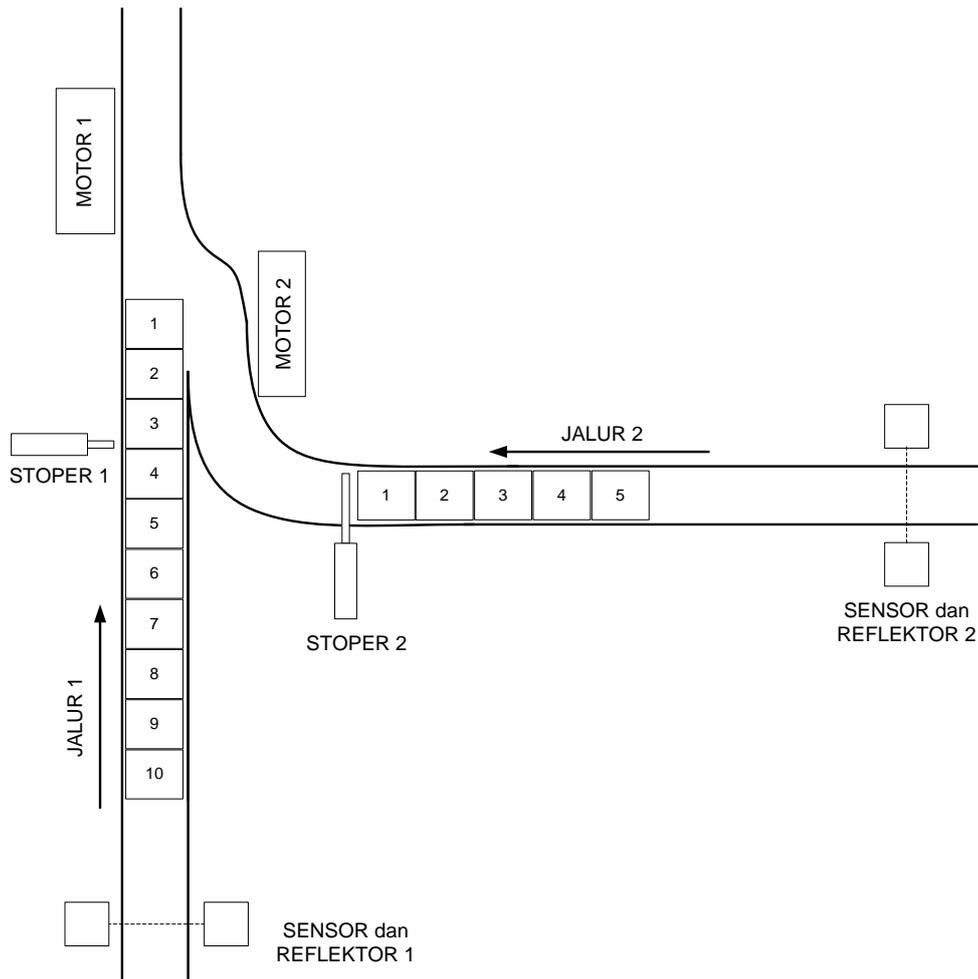
Sistem kerja dari konveyor pneumatik ini merupakan sistem kerja *interlock* atau berhubungan dengan satu kesatuan dengan perintah kerja secara bergantian. Gambar dibawah ini menjelaskan dimana jalur konveyor satu (1) akan membuka stopper jalur satu (1) karena jumlah yang diinginkan sudah terpenuhi. (Gambar dibawah ini merupakan gambaran yang dibuat yang seperti aslinya)



Gambar 2.21 Tampilan konveyor pneumatik

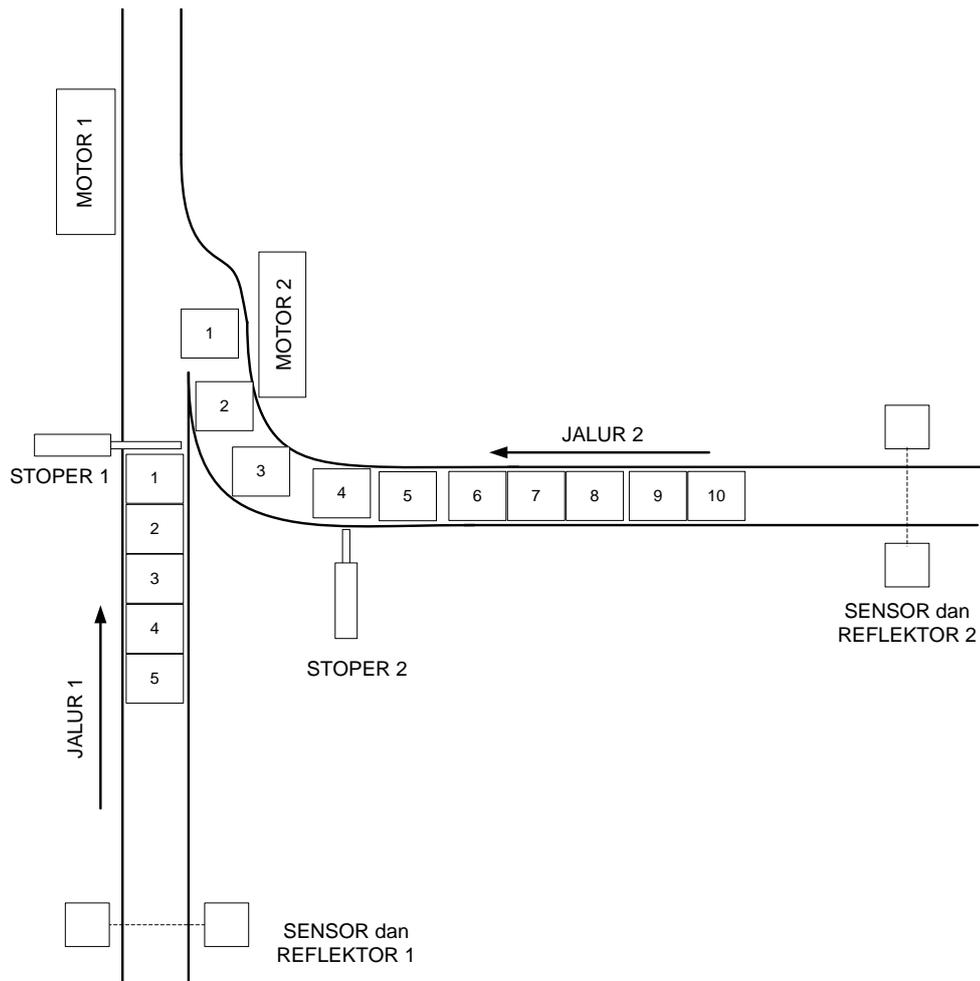
Dengan terpenuhinya jumlah yang diinginkan maka stopper jalur satu (1)

akan membuka dan akan membawa kemasan menuju proses selanjutnya akan tetapi untuk konveyor jalur dua (2) akan terus mengisi kekurangan dari jumlah kemasan yang diinginkan dan stopper tidak akan membuka sampai jumlah kemasan terpenuhi, seperti gambar dibawah.



Gambar 2.22 Stopper jalur satu (1) terbuka dan membawa kemasan keluar dari konveyor jalur satu

Tentu ini juga berlaku dengan konveyor jalur dua (2) dengan sistem yang digunakan juga sama, saat jumlah kemasan terpenuhi maka stopper jalur dua (2) akan membuka sehingga kemasan akan dibawa oleh konveyor menuju proses selanjutnya, dan stopper jalur satu (1) tidak akan membuka sebelum jumlah kemasan terpenuhi, seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.23 Stopper jalur dua (2) terbuka dan membawa kemasan keluar dari konveyor jalur 2

2.6 Kontrol Kecepatan dan Daya Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi fasa tiga, khususnya motor induksi rotor sangkar tupai merupakan salah satu jenis motor yang paling banyak digunakan di industri. Kelebihan dari motor ini, di antaranya adalah konstruksinya yang sederhana dan kuat serta memerlukan sangat sedikit pemeliharaan sebagaimana pada motor DC. Berbeda dengan motor DC yang kecepatannya dapat dikendalikan dengan mudah (yaitu melalui pengaturan tegangan armatur dan pengaturan arus eksitasinya), pengaturan kecepatan motor induksi fasa tiga memerlukan penanganan yang jauh lebih kompleks dan ini merupakan salah satu kelemahan dari motor induksi. Motor DC mempunyai dua sumber,

yaitu tegangan armatur dan arus eksitasi, sedangkan motor induksi hanya mempunyai satu sumber, yaitu sumber tegangan stator. Kecepatan motor induksi ditentukan oleh frekuensi tegangan masukan dan jumlah kutub motor seperti yang dijelaskan dengan rumus:

$$N = \frac{120 \cdot f}{P} \dots\dots\dots(2.8)$$

di mana:

N = kecepatan putaran motor,

f = frekuensi tegangan sumber,

P = jumlah kutub motor (ditentukan oleh belitan stator).

Jadi, berdasarkan formula di atas dapat dikatakan bahwa kecepatan putaran motor induksi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pengubahan jumlah kutub dan pengubahan frekuensi tegangan masukan ke stator motor. Karena jumlah kutub ditentukan oleh belitan statornya, maka pengubahan kutub ini hanya bisa dilakukan melalui desain belitan stator motor, sedangkan untuk pengaturan frekuensi dan tegangan masukan memerlukan pengubah frekuensi tegangan masukan stator. Unit pengatur ini umum juga disebut sebagai inverter.

2.6.1 Inverter (Variable Frequency Drive)

Inverter / variable frequency drive / variable speed drive merupakan sebuah alat pengatur kecepatan motor dengan mengubah nilai frekuensi dan tegangan yang masuk ke motor. pengaturan nilai frekuensi dan tegangan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kecepatan putaran dan torsi motor yang di inginkan atau sesuai dengan kebutuhan.

Secara sederhana prinsip dasar inverter untuk dapat mengubah frekuensi menjadi lebih kecil atau lebih besar yaitu dengan mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC kemudian dijadikan tegangan AC lagi dengan frekuensi yang berbeda atau dapat diatur.



Gambar 2.24 Skema inverter 3 fasa

Untuk mengubah tegangan AC menjadi DC dibutuhkan penyearah (*converter AC-DC*) dan biasanya menggunakan penyearah tidak terkendali (rectifier dioda) namun juga ada yang menggunakan penyearah terkendali (*thyristor rectifier*). Setelah tegangan sudah diubah menjadi DC maka diperlukan perbaikan kualitas tegangan DC dengan menggunakan tandon kapasitor sebagai perata tegangan. Kemudian tegangan DC diubah menjadi tegangan AC kembali oleh inverter dengan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*). Dengan teknik PWM ini bisa didapatkan amplitudo dan frekuensi keluaran yang diinginkan. Selain itu teknik PWM juga menghasilkan harmonisa yang jauh lebih kecil dari pada teknik yang lain serta menghasilkan gelombang sinusoidal, dimana kita tahu kalau harmonisa ini akan menimbulkan rugi-rugi pada motor yaitu cepat panas. Maka dari itu teknik PWM inilah yang biasanya dipakai dalam mengubah tegangan DC menjadi AC (Inverter).

Memang ada banyak cara untuk mengatur/mengurangi kecepatan motor seperti dengan gear box / reducer. Namun mengatur kecepatan motor dengan inverter akan memperoleh banyak keuntungan yang lebih bila dibandingkan dengan cara-cara yang lain. Seperti : jangkauan yang luas untuk pengaturan kecepatan dan torsi motor, mempunyai akselerasi dan deselerasi yang dapat diatur, mempermudah proses monitoring/pengecekan, sistem proteksi motor yang baik, mengurangi arus starting motor dan menghemat pemakaian energi listrik, memperhalus start awal motor dan lain-lain.

Pada dasarnya inverter adalah alat yang membuat tegangan bolak-balik dari tegangan searah dengan cara pembentukan gelombang tegangan. Namun gelombang yang terbentuk

dari inverter tidak berbentuk gelombang sinusoida, melainkan gelombang persegi. Pembentukan tegangan AC tersebut dilakukan dengan menggunakan dua buah pasang saklar. Berikut ini adalah gambar yang menerangkan prinsip kerja inverter dalam pembentukan gelombang tegangan persegi. (Dimas, 2013)



Gambar 2.25 Inverter (Variable Frequency Drive)

2.6.2 Motor Listrik Induksi Tiga Fasa

Motor listrik induksi adalah suatu perangkat elektromagnetik yang digunakan untuk mengkonversi atau mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Hasil konversi ini atau energi mekanik ini bisa digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti digunakan untuk memompa suatu cairan dari satu tempat ke tempat yang lain pada mesin pompa, untuk meniup udara pada blower, digunakan sebagai kipas angin, dan keperluan – keperluan yang lain. Berdasarkan jenis dan karakteristik arus listrik yang masuk dan mekanisme operasinya motor listrik dibedakan menjadi 2, yaitu motor AC, dan motor DC. Namun pada artikel kali ini kita akan membahas sedikit tentang motor AC, beserta cara menghitung arus, daya, dan kecepatan pada motor tersebut. Ada 2 jenis motor pada motor AC, yaitu :

1. **Motor sinkron, yaitu motor AC (arus bolak-balik) yang bekerja pada kecepatan tetap atau konstan pada frekuensi tertentu. Kecepatan putaran motor sinkron tidak akan berkurang(tidak slip) meskipun beban bertambah, namun kekurangan motor ini adalah tidak dapat menstart sendiri. Motor ini membutuhkan arus searah (DC) yang dihubungkan ke rotor untuk**

menghasilkan medan magnet rotor. Motor ini disebut motor sinkron karena kutub medan rotor mendapat tarikan dari kutub medan putar stator hingga turut berputar dengan kecepatan yang sama (sinkron).

2. Motor induksi, yaitu motor AC yang paling umum digunakan di industri – industri. Pada motor DC arus listrik dihubungkan secara langsung ke rotor melalui sikat-sikat (brushes) dan komutator (commutator). Jadi kita bisa mengatakan motor DC adalah motor konduksi. Sedangkan pada motor AC, rotor tidak menerima sumber listrik secara konduksi tapi dengan induksi. Oleh karena itu motor AC jenis ini disebut juga sebagai motor induksi. (Ryanto, 2015)

Untuk menghitung slip pada motor

$$\% slip = \frac{ns - n}{ns} \times 100 \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

n = kecepatan motor yang sesungguhnya (rpm)

ns = kecepatan motor yang tertera pada *name plate* (rpm)

untuk menghitung arus dan daya motor

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi \dots \dots \dots (2.10)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} \dots \dots \dots (2.11)$$

Untuk menghitung torsi motor

$$HP = \frac{T \times n}{5250} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$T = \frac{5250 \cdot HP}{n} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$n = \frac{5250 \cdot HP}{T} \dots \dots \dots (2.14)$$

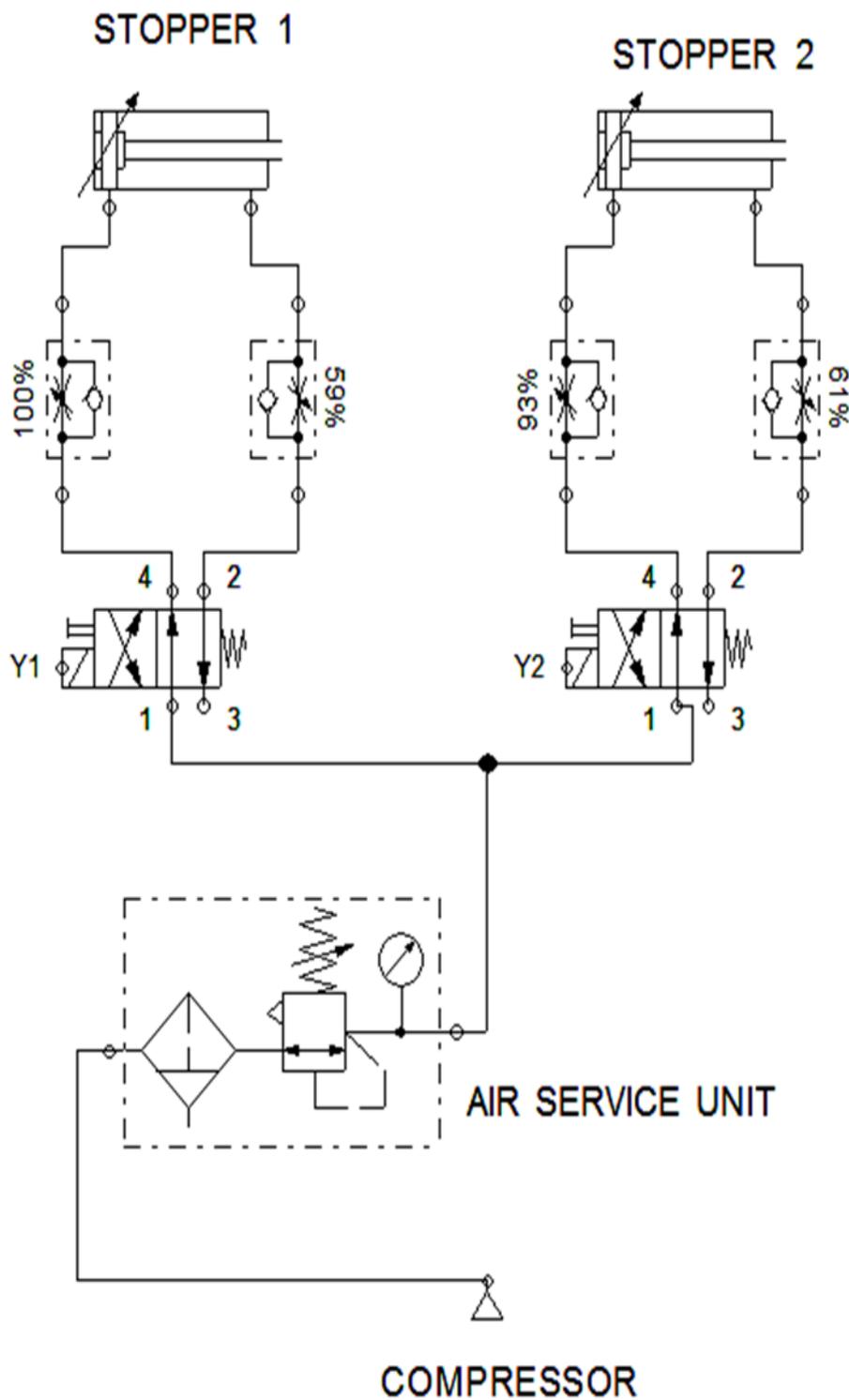
Dimana :

T = torsi motor (lb.ft) dibaca pon/feet

n = kecepatan putar motor (rpm)

HP = daya kuda motor (1HP = 746watt)

5250 = konstanta



BAB

III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi penelitian ini di PT. PACIFIC MEDAN INDUSTRI tahap II Kawasan Industri Medan (KIM) II Desa Saentis, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara. Ruang lingkup kerja memproduksi dan pengembangan minyak sayur, *Vegetable Ghee*, *Shortening Margarin* dan lemak khusus yang berasal minyak kelapa sawit mentah *Crude Palm Oil (CPO)* serta memproduksi kemasan metal kaleng, tutup *jerrycan* plastik dan botol.

Alat dan Bahan Penelitian

Laptop

Merk : DELL INSPIRION

Memory : 4 GB

Layar : 14 inch

Hard Disk : 368 GB

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini terdiri dari penggaris, *stopwatch*, meteran, dan timbangan, sedangkan bahan yang digunakan adalah kemasan dari hasil dua mesin produksi yang berbeda dengan massa masing - masing 200gr sampai 350gr.

3.2 Jalannya Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. PACIFIC MEDAN INDUSTRI tahap II Kawasan Industri Medan (KIM) II Desa Saentis, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang 20371 Provinsi Sumatera Utara, adapun data yang diambil yakni :

DATA KONVEYOR

1. Panjang konveyor 6000 mm
2. Lebar konveyor 200 mm
3. Panjang *table top chain* 12 mtr

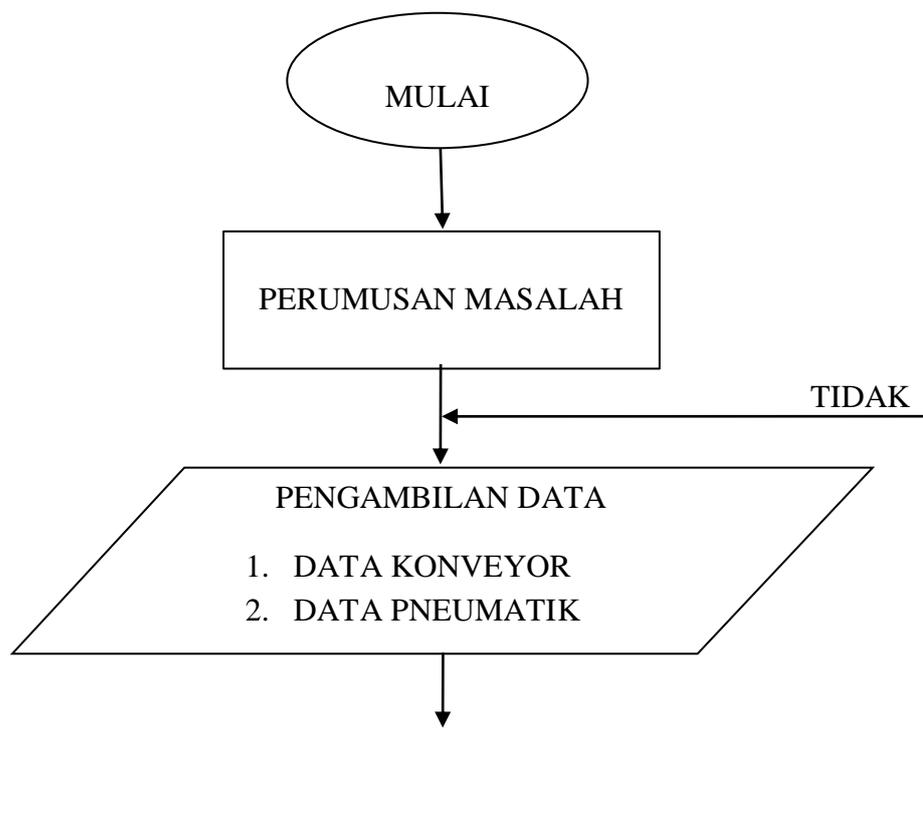
4. Berat pada satu keping *table top chain* 34 gr/50 mm
5. Spesifikasi motor 220V/380V, 1500 RPM, 1,5Kw, 50Hz
6. Berat kemasan 220 gr – 350 gr/ kemasan

DATA PNEUMATIK

1. Tekanan angin 4 – 5 bar
2. Jenis silinder *double acting cylinder*
3. Solenoid 24VDC 5/4 way valve

Selanjutnya data tersebut dianalisa dengan dilakukan pengulangan 3 kali yaitu diawali dengan mesin A yang menghasilkan produksi kemasan dengan berat 225 gr/kemasan dan mesin B yang menghasilkan kemasan dengan berat 315 gr/kemasan dan pengukuran panjang konveyor serta berat dari *table top chain*. Konveyor yang digunakan menggunakan metode akumulasi, didapat stopper konveyor akan bekerja dengan 10 kemasan yang terkumpul dan seterusnya. Hasil pengamatan dari tiga kali ulangan digunakan sebagai dasar analisa proses pengujian *table top chain conveyor* meliputi kecepatan, kapasitas, dan waktu pengangkutan.

Diagram alir dalam penelitian seperti tertera dibawah ini :





Gambar 3.1 Grafik alir penelitian

Keterangan Grafik Alir Penelitian

1. MULAI

Pengoperasian konveyor pneumatik dilakukan setiap hari pada jam kerjanya.

2. PERUMUSAN MASAALAH

Perumasan masalah didapat setelah ditemukannya kemasan yang penyok atau rusak setelah terjadi tabrakan pada persimpangan.

3. PENGAMBILAN DATA

Pengambilan data dilakukan pada obyek konveyor, sistem pneumatik dan kemasan yang diangkut oleh konveyor.

4. ANALISA DATA

Semua data terkumpul dan melakukan perhitungan riset guna menghindari terjadinya tabrakan antar kemasan sehingga kemasan tersebut tidak penyok.

5. HASIL DAN KESIMPULAN

Setelah hasil dari analisa tercapai sesuai dengan tujuan penelitian dan rumusan masalah sehingga diterapkan pada subyek, jika hasil dari perhitungan yang diterapkan masih terdapat masalah maka sesuai dengan diagram yaitu meninjau ulang kembali sesuai dengan alir diagram

6. SELESAI

Jika hasil yang diterapkan berhasil maka hasil dari peninjauan dapat disimpulkan dan dapat dipersentasikan hingga menjadi acuan dikemudian hari.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Kapasitas Konveyor

Untuk mendapatkan kapasitas konveyor maka harus diketahui dahulu berat dari kemasan, panjang konveyor dari ujung ke ujung dan kapasitas penuh pada konveyor.

Dalam penelitian ini digunakan data sebagai berikut :

1. Panjang konveyor dari ujung ke ujung 6000 mm
2. Panjang kemasan : a. 170 mm
b. 160 mm
3. Berat kemasan : a. 225 gr / kemasan
b. 315 gr / kemasan
4. Berat dari table top chain 34 gr / 50 mm
5. Kapasitas penuh pada konveyor sebanyak 30 kemasan

Selanjutnya menentukan berapa waktu tempuh dan kecepatan tiap masing - masing konveyor, konveyor jalur 1 mengangkat kemasan seberat 225 gr dan konveyor jalur 2 mengangkat kemasan seberat 315 gr, berapa kapasitas tiap masing - masing konveyor, berapa daya motor pada konveyor jalur 1 dan jalur 2.

dari permasalahan diatas dapat dianalisis sebagai berikut :

- a. Dengan menggunakan alat *stopwatch* didapat pada jalur 1 didapat waktu 8 detik untuk mengangkat kemasan 225 gr dengan kapasitas penuh, pada jalur 2 didapat waktu 10 detik untuk mengangkat kemasan 315 gr dengan kapasitas penuh.

Berdasarkan persamaan 2.1 $V = \left(\frac{L-I}{T}\right)$ hasil dari penelitian maka kecepatan maksimal konveyor dan kecepatan kerja konveyor tertuang dalam tabel 4.1 dan tabel 4.2, yakni :

Tabel 4.1 Kecepatan Maksimal Konveyor

Konveyor	L (m)	I (m)	T (s)	V (m/s)
1	6	5,1	8	0,11
2	6	4,8	10	0,12

Pada jalur 1 dengan panjang konveyor 6 m dan panjang kemasan sebesar 5,1 m serta waktu tempuh yang diukur dengan menggunakan stopwatch sehingga hasil yang didapat 0,11 m/s sedangkan jalur 2 dengan panjang konveyor yang sama dan panjang material sepanjang 4,8 m, sehingga kecepatan yang didapat sebesar 0,12 m/s.

Tabel 4.2 Kecepatan Kerja Konveyor

Konveyor	L (m)	I (m)	T (s)	V (m/s)
1	6	0	8	0,75
2	6	0	10	0,6

Berbeda dengan tabel 4.1 pada tabel 4.2 konveyor bekerja tanpa beban dari kemasan itu sendiri sehingga panjang dari material dikosongkan. Masing – masing jalur konveyor 1 dan 2 memiliki kecepatan yang berbeda dengan ada beban dari kemasan. Pada jalur 1 memiliki kecepatan 0,75 m/s sedangkan pada jalur 2 memiliki kecepatan 0,6 m/s.

- b. Berdasarkan persamaan 2.2 dapat ditentukan kapasitas konveyor jalur 1 dan jalur 2. Pada jalur 1 mengangkut kemasan seberat 225 gr dan jalur 2 mengangkut kemasan seberat 315 gr dengan masing – masing mengangkut dengan kapasitas penuh 30 kemasan sehingga,
- jalur 1 membawa $225 \text{ gr} \times 30 = 6750 \text{ gr} = 6,75 \text{ kg}$ dan
- jalur 2 membawa $315 \text{ gr} \times 30 = 9450 \text{ gr} = 9,45 \text{ kg}$ dengan

waktu tempuh pada konveyor jalur 1 selama 8 dtk = 0,13 jam dan

waktu yang ditempuh pada konveyor jalur 2 10 dtk = 0,6 jam, sehingga

$$\text{pada jalur 1 } Q = \frac{6,75 \text{ kg}}{0,13 \text{ jam}} = 51,92 \text{ kg/jam}$$

$$\text{pada jalur 2 } Q = \frac{9,45 \text{ kg}}{0,6 \text{ jam}} = 15,75 \text{ kg/jam}$$

- c. Untuk menghitung daya motor untuk tiap motor konveyor jalur 1 dan jalur 2 dapat menggunakan rumus :

$$P = (P1 + P2) + S$$

$$P1 = \frac{f(L + L0) \cdot \omega \cdot V}{6120}$$

$$P2 = \frac{f(L + L0) \cdot Qt}{367}$$

Ket :

P = power (kW)

P1 = horizontal power tanpa beban (kW)

P2 = horizontal power dengan beban (kW)

f = friction koefisien (0,03)

ω = berat dari table top chain (kg/mm)

V = kecepatan konveyor (m/mnt)

L = panjang konveyor (m)

L0 = koefisien panjang (49)

Qt = kapasitas konveyor (kg/jam)

S = faktor keselamatan (1,2)

Data dari table top chain sebagai berikut :

Tabel 4.3 Data table top chain

Panjang table top chain (mm)	50	500	6000	12000
$\dot{\omega}$ (gr)	34	340	680	24480

Jika diketahui pada konveyor jalur 1 mempunyai kapasitas 51,92 kg/jam dan konveyor jalur 2 mempunyai kapasitas 15,75 kg/jam, maka daya motor pada masing – masing konveyor adalah :

Pada konveyor jalur 1

$$Q = 51,92 \text{ kg/jam} ; L = 12 \text{ m} ; \dot{\omega} = 24,84 \text{ kg/mm} ; V = 0,75^{\text{m/s}} = 45 \text{ m/mnt}$$

$$P1 = \frac{0,03 (12 + 49) \cdot 24,84 \cdot 45}{6120} = \frac{2045,57}{6120} = 0,33 \text{ kW}$$

$$P2 = \frac{0,03 (12 + 49) \cdot 51,92}{367} = \frac{950,13}{367} = 0,25 \text{ kW}$$

$$P = (P1 + P2) + S$$

$$= (0,33 + 0,25) \times 1,2 = 0,69 \text{ kW}$$

Dengan diketahui daya motor konveyor jalur 1 sebesar 0,69 Kw dan $\cos \rho$ sebesar 0,8

$$\text{sehingga daya motor sebesar : } P = \frac{0,69}{0,8} = 0,87 \text{ kW}$$

Untuk konveyor jalur 2 diketahui :

$$Q = 15,75 \text{ kg/jam} ; L = 12 \text{ m} ; \dot{\omega} = 24,84 \text{ kg/mm} ; V = 0,6^{\text{m/s}} = 36 \text{ m/mnt}$$

$$P1 = \frac{0,03(12+49) \cdot 24,84 \cdot 36}{6120} = \frac{2045,57}{6120} = 0,26 \text{ kW}$$

$$P2 = \frac{0,03(12 + 49) \cdot 15,75}{367} = \frac{28,2}{367} = 0,078 \text{ kW}$$

$$P = (P1 + P2) + S$$

$$= (0,26 + 0,078) \times 1,2 = 0,40 \text{ kW}$$

Dengan diketahui daya motor konveyor jalur 2 sebesar 0,40 kW dan $\cos \rho$ sebesar 0,8

$$\text{sehingga daya motor sebesar : } P = \frac{0,40}{0,8} = 0,57 \text{ kW}$$

Maka kesimpulan dari perhitungan diatas sebuah konveyor jalur 1 dengan kapasitas total 51,92 kg/jam mempunyai daya motor sebesar 0,87 kW dengan kecepatan tempuh sebesar 0,75 m/s dan konveyor jalur 2 dengan kapasitas 15,75 kg/jam mempunyai daya motor sebesar 0,57 kW dengan kecepatan tempuh sebesar 0,6 m/s.

Tabel 4.4 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Konveyor

No.	Perhitungan	Hasil
	Konveyor jalur 1	
1.	Waktu tempuh	8 detik
2.	Kecepatan maksimal	0,11 m/s
3.	Kecepatan kerja	0,75 m/s
4.	Kapasitas kerja	51,92 kg / jam
5.	Daya motor	0,87 kW
	Konveyor jalur 2	
6.	Waktu tempuh	10 detik
7.	Kecepatan maksimal	0,12 m/s
8.	Kecepatan kerja	0,6 m/s
9.	Kapasitas kerja	15,75 kg / jam
10.	Daya motor	0,57 kW

4.2 Perhitungan Kapasitas Stoper Pneumatik

Untuk menentukan kapasitas pneumatik (diameter piston silinder pneumatik), harus diketahui terlebih dahulu 3(tiga) syarat :

1. Massa atau beban

Untuk beban pada penelitian ini adalah kemasan pada konveyor. Jika diketahui berat kemasan pada penelitian ini 225 gr sampai 315 gr, maka akan diambil kemasan terberat 350 gr sama dengan 0,35 kg (dengan kapasitas konveyor penuh sebanyak 30 kemasan).

2. Tekanan angin

Tekanan angin dari sumber sebesar 8 bar. Tekanan angin yang diizinkan dari pihak produsen konveyor sebesar 6 bar.

3. *Stroke* (panjang silinder)

Panjang silinder disesuaikan dengan lebar konveyor sebesar 200 mm.

Berdasarkan persamaan 2.4 dan persamaan 2.5 untuk menentukan diameter silinder

stoper didapat Gaya Gravitasi $F = m \cdot g = (0,35 \text{ kg} \times 30) \cdot 10 \text{ m/dtk}^2 = 50 \text{ N}$

Tekanan udara kompresi $p = 6 \text{ bar} = 600.000 \text{ pascal} = 600.000 \text{ N/m}^2$

Friksi atau gesekan $R = \pm 10\% = 10\% \cdot 105 \text{ N} = 10,5 \text{ N}$

EF atau tekanan ideal $F = (p \cdot A) - R = (p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2) - R$

$EF F = (p \cdot 0,786 \cdot d^2) - R$

$$d^2 = \frac{F + R}{p \cdot 0,786} = \frac{105 \text{ N} + 10,5 \text{ N}}{600.000 \text{ N/m}^2 \cdot 0,786} = 0,00024 \text{ m}^2$$

$$d = \sqrt{0,00024 \text{ m}^2} = 0,01549 \text{ m} = 15,49 \text{ mm}$$

Sehingga didapat diameter pada silinder stoper sebesar 15,49 mm = 16 mm

4.2.1 Perhitungan Volume Udara Pada Silinder dan Katup Udara

Pada saat bergerak maju, sesuai dengan persamaan 2.6

$$\text{Volume} = p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h$$

$$\text{Volume} = 6 \text{ bar} \cdot 0,786 \cdot (16 \text{ mm}^2)^2 \cdot 200 \text{ mm}$$

$$\text{Volume} = 241459,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Volume} = 0,24 \text{ dm}^2$$

$$\text{Volume} = 0,24 \text{ lt}$$

Pada saat bergerak mundur, sesuai dengan persamaan 2.7

$$\text{Volume} = p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d^2 - d_1^2) \cdot h$$

$$\text{Volume} = 6 \text{ bar} \cdot 0,786 \cdot \{(16 \text{ mm})^2 - (10 \text{ mm})^2\} \cdot 200 \text{ mm}$$

$$\text{Volume} = 147139,2 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volume} = 0,15 \text{ dm}^3$$

$Volume = 0,15 \text{ lt}$

Kesimpulan dari perhitungan konsumsi kompresi udara yang dibutuhkan 1 (satu) silinder stoper dengan $d(\text{diameter}) = 16 \text{ mm}$ dengan panjang $stroke = 200 \text{ mm}$ untuk bergerak maju dan mundur adalah $0,24 \text{ lt} + 0,15 \text{ lt} = 39 \text{ lt}$.

Dengan diketahui volume udara yang mengalir pada silinder sebanyak 39 lt dengan bergerak maju dan mundur sesuai dengan hitungan produksi perhari (8 delapan jam) menghasilkan kemasan sebanyak 4250 ea dengan kapasitas konveyor sebanyak 30 kemasan dengan diketahui jumlah produksi dengan jumlah kapasitas konveyor maksimal, sehingga didapat 142/mnt silinder bergerak maju mundur. Sehingga dibutuhkan katup angin (*solenoid valve*) dengan aliran rata – rata (*flow rate*) $142/mnt \times 39 \text{ lt} = 5538 \text{ lt/mnt}$.

Sehingga total keseluruhan konsumsi yang dibutuhkan udara $5538 \text{ lt/mnt} \times 2 \text{ unit konveyor} = 11076 \text{ lt/mnt}$, untuk menanggung 2 unit konveyor dengan 2 unit silinder stoper dan 2 unit katup udara.

Tabel 4.5 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Sistem Pneumatik

No	Perhitungan	Hasil
1	Gaya Tekan	105 N
2	Tekanan Udara Kompresi	6 bar
3	Gaya Friksi	10,5 N
4	Diameter Silinder	15,49 mm
5	Panjang Stroke	200 mm
6	Konsumsi Udara Piston Saat Maju	0,24 liter
7	Konsumsi Udara Piston Saat Mundur	0,15 liter

8	<i>Flow Rate x 2 unit Stoper</i>	11076 lt/mnt
---	----------------------------------	---------------------

4.3 Perhitungan Laju Konveyor

Konveyor digerakan oleh motor listrik induksi tiga fasa dimana motor tersebut dikendalikan oleh sebuah inverter. Inverter merupakan sebuah alat pengatur kecepatan motor dengan mengubah nilai frekuensi dan tegangan yang masuk ke motor. Pengaturan nilai frekuensi dan tegangan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kecepatan putaran dan torsi motor yang di inginkan atau sesuai dengan kebutuhan. Kecepatan motor(rpm) ditentukan oleh adanya frekuensi yang masuk dan jumlah kutub, seperti yang dijelaskan pada persamaan 2.8 apabila sebuah motor satu untuk menggerakkan konveyor dengan daya 0,57 kW dengan jumlah kutub 4 dan motor dua dengan daya 0,87 kW dengan jumlah kutub 8. Berdasarkan penelitian dilapangan untuk konveyor satu diatur frekuensi 45.00 dan konveyor dua 80,00, sehingga kecepatan motor adalah :

$$\text{Motor 1 : } N = \frac{120 \cdot 45}{4} = 1350 \text{ rpm}$$

$$\text{Motor 2 : } N = \frac{120 \cdot 80}{8} = 1200 \text{ rpm}$$

Sehingga sesuai dengan persamaan 2.9 untuk menghitung slip motor

Untuk motor 1

$$\% \text{ slip} = \frac{ns - n}{ns} \times 100 ; = \frac{1500 - 1350}{1500} \times 100$$

$$\% \text{ slip} = 10\%$$

Untuk motor 2

$$\% \text{ slip} = \frac{ns - n}{ns} \times 100 ; = \frac{1500 - 1200}{1500} \times 100$$

$$\% \text{ slip} = 20\%$$

Untuk mengetahui arus dan daya motor sesuai dengan persamaan 2.9 dan 2.10

$$\text{Untuk motor 1 } P = 0,57 \text{ kW} = 570 \text{ Watt}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} ; = \frac{570}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8}$$

$$I = 1,08 \text{ Ampere}$$

Untuk motor 2 $P = 0,87 \text{ kW} = 870 \text{ Watt}$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} ; = \frac{870}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8}$$

$$I = 1,65 \text{ Ampere}$$

Dengan diketahui daya motor satu $0,57 \text{ kW} = 0,76 \text{ hp}$, dan daya motor dua $0,87 \text{ kW} = 1,17$

hp. Untuk menghitung torsi motor sesuai dengan persamaan 2.13

Untuk motor 1

$$T = \frac{5250 \cdot HP}{n} ; = \frac{5250 \cdot 0,76}{1350}$$

$$T = 2,95 \text{ pon.ft}$$

Untuk motor 2

$$T = \frac{5250 \cdot HP}{n} ; = \frac{5250 \cdot 1,17}{1200}$$

$$T = 5,11 \text{ pon.ft}$$

Tabel 4.6 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Laju Konveyor

No	Perhitungan	Hasil
	Motor 1	
1	Daya motor	0,87 kW
2	Kecepatan	1350 rpm
3	Slip motor	10 %
4	Arus motor	1,08 A
5	Torsi motor	2,95 pon.ft
	Motor 2	
6	Daya motor	0,57 kW
7	Kecepatan	1200 rpm
8	Slip motor	20 %
9	Arus motor	1,65 A
10	Torsi motor	5,11 pon.ft

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan pada konveyor pneumatik yang menggunakan jenis *table top chain* serta kemasan yang digunakan sebagai bahan uji pada penelitian didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaturan pada konveyor jalur 1 membutuhkan daya motor sebesar 0,57 kW dengan torsi motor sebesar 2,95 lb.ft dengan kecepatan motor yang dihasilkan 1350 rpm. Pada jalur 2 membutuhkan daya motor 0,87 kW dengan torsi pada motor 5,11 lb.ft dan kecepatan motor yang dihasilkan 1200 rpm.
2. Pada silinder stoper harus memiliki gaya tekan sebesar 105 N dan tekanan udara kompresi 6 bar dengan aliran udara yang dibutuhkan untuk dua stoper sebesar 11076 lt/mnt.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian pada konveyor pneumatik di PT. Pacific Medan Industri, dalam laporan turut menuturkan menyampaikan saran sebagai berikut :

1. Diperlukan pemeriksaan secara rutin dan terjadwal pada konveyor dan sistem pneumatik serta komponen pendukung mengingat perusahaan tersebut beroperasi selama 24 jam penuh.
2. Menjaga tekanan angin pada regulator pneumatik kisaran 5–6 bar, menjaga setiap kebocoran angin pada regulator, katup pneumatik dan silinder untuk menghindari kerusakan yang tidak diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arimad, Dwi Diyah., dkk. 2015, "Analisa Efisiensi Pada *Belt Conveyor*", **Jurnal keteknikan pertanian tropis dan biosistem vol. 3 no. 2, 112-120.**
- Anggono, Willyanto., dkk. 2009, "Peningkatan Unjuk Kerja *Table Top Chain Conveyor* Dengan Menggunakan *Pressless Combiner Conveyor*", Seminar nasional teknik mesin UK Petra Surabaya.
- Ariosuko, Dh. 2010, "Diktat Pneumatik Hidrolik. Topik 1 : Pengenal Pneumatik", Program Studi Teknik Mesin, fakultas Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
- Dimas, Anton Asfani, 2013, "Proteksi Motor menggunakan Rele Thermal dengan Mempertimbangkan Metode Starting", Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Fikri, Y. 2012, "Sistem Pengendalian Laju Aliran Batubara Berbasis PID Pada *Conveyor S11 Hooper 5*", di PT ADARO INDONESIA *Kelanis Site*. Makalah kerja praktek di PT. Adaro Indonesia.
- Handono, Khairul., dkk. 2011, "Rancang Bangun Sistem Kendali Conveyor Pada Prototype Monitor Peti Kemas Dengan Teknik Serapan Sinar Gama", **Prosiding Seminar, Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir, Pusat Teknologi dan proses Proses Bahan.**
- Hendri, M., dkk. 2014 "Miniatur Conveyor Otomatis Berbasis Mikrokontroler", **Jurnal media processor vol. 9 no.1.**
- Marthen, Samuel Taribuka., dkk. 2012, "Perencanaan Instalasi Kontrol Pneumatik Menggunakan Metode Cascade Pada Alat Pelumatan Tanah Liat Sebagai Bahan Dasar Batu Bata Merah", **Jurnal Teknologi, Volume 9 nomor 1, 969-977, Teknik Mesin Politeknik Negeri Ambon.**
- Nur'aningsih, D., dkk. 2013, "Sistem Kendali *Conveyor* Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S51", **Jurnal ilmiah teknologi dan rekayasa.**
- Ryanto, Kharis. 2015, "Laporan Kerja Praktek Sistem Kendali Konveyor Pneumatik", Sekolah Tinggi Teknologi Sinar Husni.
- Togap, Simon Einstein Siahaan., dkk. 2015 "Evaluasi Produktivitas Belt Conveyor Dalam Peningkatan Target Produksi Pengapalan Batubara di PT. Mitratama Perkasa Desa Muara Asam – Asam, Kecamatan Jorong, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan, **Jurnal GEOSAPTA Vol. 1 No.1**