

REKAYASA SISTEM SUPLAI BENDA KERJA PADA FESTO MODULAR AUTOMATION PRODUCTION SYSTEM (MAPS)

Didik Djoko Susilo¹

¹ Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik UNS

Keywords :

Feeder station
Conveyor
MAPS

Abstract :

This paper describes modification of the workpiece supply on Festo Modular Automation Production System (MAPS). The old one uses double feeder station. The workpieces is stacked on the gravity feed magazine and feeded by pneumatic cylinder. This station is controlled by Siemens S7-300 and programmed by Simatic Manager V5.3. The feeder is constrained by the number of the workpieces that stack on the gravity feed magazine. The design of the feed magazine just allow 12 workpieces stack on it. To make the feeder continue, the workpiece supply is modified by adding a conveyor system on feeder station. This system consist of drive and driven pulleys that connected by a belt. The structure of the conveyor is made from acrylic, the pulleys is made from alluminium, and the belt is made from cloth. The conveyor is driven by a 5 Volt DC motor with gear transmission. This new feeder system coul supply workpiece on the MAPS continuously and run using Ladder Diagram. This System also reduce the force that need to feed the workpiece from 17,78 N to 6,01 N. So, the new system is more effective than the old one.

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Sistem otomasi dapat didefinisikan sebagai suatu teknologi yang berkaitan dengan aplikasi mekanik, elektronik dan sistem yang berbasis komputer. Semuanya bergabung menjadi satu untuk memberikan sebuah fungsi tertentu. *Modular Automation Production System (MAPS)* adalah salah satu contoh sistem otomasi yang menggunakan alat pengontrol PLC. MAPS merupakan miniatur produksi yang dipergunakan untuk tujuan penelitian, pelatihan dan pembelajaran. MAPS merupakan sistem yang membentuk sebuah simulasi proses pada industri.

Festo MAPS terdiri dari 4 buah *station*, yaitu *double feeder station*, *handling device*, *control station*, dan *sorting station*. *Feeder* merupakan mesin yang bekerja untuk menampung benda kerja, kemudian mengumpankan ke unit lain dari suatu sistem. Penyimpanan benda kerja menggunakan prinsip gravitasi, dimana benda kerja ditumpuk dalam *gravity feed magazine*. Kapasitas penumpukan benda kerja sebanyak 3 buah. Oleh karena itu untuk meningkatkan kapasitas pengumpanan benda kerja maka *station feeder* ini akan dimodifikasi sehingga sistem pengumpanannya dapat berlangsung secara kontinyu.

Perumusan Masalah

Dari penjelasan di atas dapat dirumuskan menjadi permasalahan, yaitu:

Bagaimana memodifikasi stasiun *double feeder* pada MAPS agar pengumpanan benda kerja dapat berlangsung secara kontinyu ?

Batasan Masalah

Untuk memberikan arahan dalam tulisan ini, maka digunakan batasan masalah sebagai berikut :

1. Pembahasan hanya pada *feeder station*.
2. Pengontrol sistem menggunakan PLC Siemens Tipe S7 300.
3. Tiga jenis benda kerja yang digunakan pada sistem ini yaitu aluminium, plastik putih, dan plastik hitam.
4. Analisis dinamik dilakukan stasiun pengumpanan yang lama dan baru meliputi analisis gaya dan energi.

DASAR TEORI

Sistem Konveyor

Konveyor merupakan suatu alat transportasi yang umumnya dipakai dalam proses industri. Konveyor dapat mengangkat bahan produksi setengah jadi maupun hasil produksi dari satu bagian ke bagian yang lain. Desain konveyor tergantung dari jenis material yang akan diangkut.

Jenis-jenis konveyor yang umum adalah:

1. *Belt conveyor* (konveyor sabuk)
2. *Chain conveyor*
3. *Screw conveyor*
4. *Pneumatic conveyor*

Kapasitas pemindahan material oleh konveyor sabuk cukup tinggi karena material dipindahkan secara terus-menerus dalam kecepatan yang relatif tinggi. Bagian dari konveyor sabuk adalah *belt*

(sabuk pengangkut) atau ban berjalan, unit pengendali, puli, dan struktur penahan. Dalam pengoperasian konveyor sabuk, sering kali material yang diangkut dan kemudian dilepaskan di ujung akhir konveyor mengalami segregasi atau pemisahan ukuran. Untuk menghindari hal ini maka disarankan material jangan dijatuhkan secara bebas. Jadi dapat digunakan alat tambahan untuk menghindari segregasi. Selain itu juga tinggi jatuh material sebaiknya jangan terlalu besar. [Rostiyanti, Susy F., 2002]

Beberapa keuntungan dari penggunaan konveyor sabuk antara lain:

1. Kapasitas tinggi.
2. Kapasitasnya mudah untuk disesuaikan
3. Serbaguna.
4. Dapat dinaik-turunkan.
5. Memberikan aliran barang yang konstan.
6. Mudah dirawat. [Apple, James M.,1977]

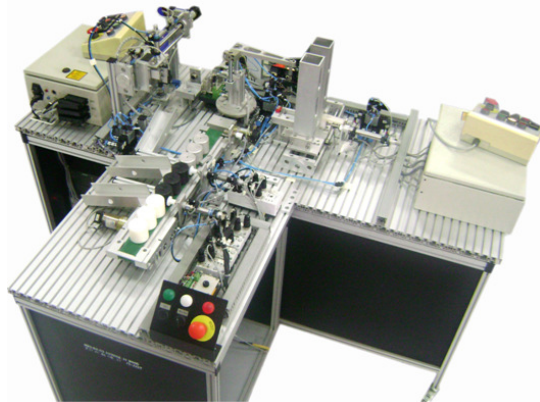
Hal-hal yang harus diperhatikan dalam merancang konveyor sabuk adalah:

1. Sabuk pengangkut
2. Puli
3. Sistem transmisi daya
4. Motor penggerak

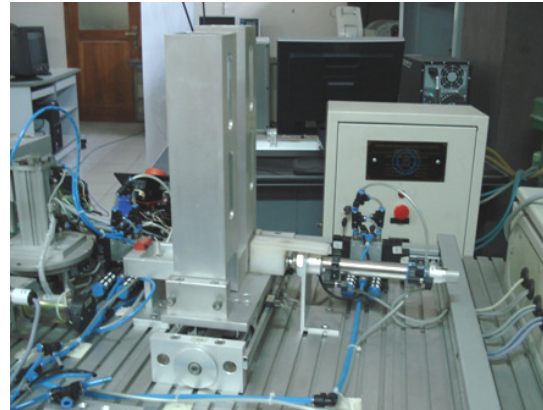
Modular Automation Production System (MAPS)

Festo MAPS terdiri dari 4 buah station, yaitu *double feeder station*, *handling device*, *control station*, dan *sorting station*. Jika dirangkai, keseluruhan unit merupakan bagian dari sistem penyortiran benda kerja yang berupa pemisahan berbagai jenis material.

Double feeder merupakan *station* yang diletakkan paling awal, tugasnya menyuplai material menuju *handling device*. *Handling device* diletakkan pada bagian tengah dari seluruh *station*, karena tugasnya memindahkan material sesuai dengan jenisnya. *Station* selanjutnya adalah *control station* sebagai proses penyortiran awal, dimana seluruh material dipisahkan dari material *reject*. *Station* terakhir adalah *sorting station* sebagai pemisah hasil akhir dari proses penyortiran.



Gambar 1. Festo MAPS



Gambar 2. Double feeder station

PLC (Programmable Logic Controller)

Programmable Logic Controller singkatnya PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan mengimplementasikan fungsi-fungsi semisal logika, pewaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*), dan aritmatika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses.

Sistem Pneumatik

Aktuator adalah bagian keluaran untuk mengubah energi suplai menjadi energi kerja yang dimanfaatkan. Sinyal keluaran dikontrol oleh sistem kontrol dan aktuator bertanggung jawab pada sinyal kontrol melalui elemen kontrol terakhir. [maswie2000.files.wordpress.com]

Desain dari komponen pneumatik dirancang untuk maksimum operasi pada tekanan 8–10 bar (800–1000 kPa), tetapi dalam praktek dianjurkan beroperasi pada tekanan 5–6 bar (500–600 kPa) untuk penggunaan yang ekonomis. Memperhatikan adanya kerugian tekanan pada sistem distribusi maka kompresor harus menyalurkan udara bertekanan 6,5–7 bar, sehingga pada sistem kontrol tekanan tetap tercapai sebesar 5–6 bar. [Festo Didactic]

Sensor

Istilah sensor digunakan untuk elemen yang memproduksi sinyal yang berhubungan dengan kuantitas objek yang diukur. Sensor yang digunakan adalah jenis sensor pendekatan. Alat pendekatan digunakan untuk mendeterminasikan dekatnya 1 objek relatif dengan objek yang lain, apakah lokasi khusus telah dicapai, atau apakah item yang ditampilkan dalam posisi khusus.

Pemrograman

Bahasa kode sering dijumpai dengan istilah Kode Mnemonic atau STL (*Statement List*). Sedangkan bahasa gambar yang sering digunakan adalah LAD (*Ladder Diagram*) atau diagram tangga. STL atau kode mnemonic lebih sulit dipahami dibandingkan LAD. [Yulianto, 2006]

Diagram–diagram tangga terdiri dari dua garis vertikal yang mempresentasikan rel–rel daya. Sebuah diagram tangga dibaca dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah. Tiap–tiap anak tangga harus dimulai dengan sebuah *input* atau sejumlah *input* dan harus berakhir dengan setidaknya sebuah *output*. *Input* dan *output* seluruhnya diidentifikasi melalui alamat–alamatnya. Alamat–alamat ini mengindikasikan lokasi *input* atau *output* di dalam memori PLC. [William Bolton, 2004]

Analisis dinamika

Studi mengenai gerak dan konsep–konsep gaya yang berhubungan, membentuk satu bidang yang disebut mekanika. Mekanika biasanya dibagi dua bagian: kinematik yang merupakan penjelasan mengenai benda bergerak dan dinamika yang mengalami masalah gaya dan menjelaskan mengapa benda bergerak sedemikian rupa. Analisis dinamika yang dilakukan adalah pada gaya, usaha dan daya yang dibutuhkan oleh sistem untuk melakukan proses pengumpanan benda kerja.

Gaya efektif pada puli :

$$F_{ef} = F_{ts} - F_{ss} \quad (1)$$

Tarikan efektif pada sabuk juga dapat dihitung dengan rumus :

$$F_{ef} = \mu_{s-sl} \cdot g (m_{B1} + m_{B2} + m_s) \quad (2)$$

dimana:

F_{ef} = tarikan efektif sabuk pada puli penggerak (N)

F_{ts} = tegangan sabuk pada *tight side* (N)

F_{ss} = tegangan sabuk pada *slack side* (N)

μ_{s-sl} = koefisien gesek sabuk dengan permukaan
luncur (*slider*)

g = gaya gravitasi bumi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

m_s = massa sabuk (kg)

m_{B1} = massa pembebanan pada bagian atas
konveyor (kg)

m_{B2} = massa pembebanan pada bagian bawah
konveyor (kg)

Perbandingan gaya tarik pada sabuk:

$$2,3 \log \left(\frac{F_{ts}}{F_{ss}} \right) = \mu_{s-p} \cdot \theta \quad (3)$$

μ_{s-p} = koefisien gesek antara sabuk dengan puli

θ = sudut kontak antara sabuk dengan puli (rad)

Gaya piston teoritis:

$$F_t = A \cdot P \quad (4)$$

dimana :

F_t = gaya teoritis (N)

P = tekanan kerja (Pa)

A = luas penampang piston (m^2)

Gaya efektif pada silinder kerja ganda :

Langkah maju:

$$F_{maju} = A \cdot P - Rr \\ = (\pi/4 \cdot D^2) \cdot P - Rr \quad (5)$$

Langkah mundur:

$$F_{mundur} = A' \cdot P - Rr \\ = \{\pi/4 \cdot (D^2 - d^2)\} \cdot P - Rr \quad (6)$$

dimana:

F_{maju} = gaya aktual pada langkah maju (N)

F_{mundur} = gaya aktual pada langkah mundur (N)

A = luas penampang silinder dengan batang
torak (m^2)

A' = luas penampang silinder tanpa batang torak
(m^2)

P = tekanan kerja (Pa)

D = diameter piston (m)

d = diameter batang piston (m)

Rr = gaya gesek (10%)

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan bahan utama

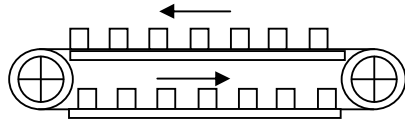
Peralatan pendukung dalam *double feeder station* yaitu:

1. Benda kerja yang digunakan ada 3 macam, yaitu:
 - a. Alumunium dengan massa 275,6 gram
 - b. Plastik putih dengan massa 137,5 gram
 - c. Plastik hitam dengan massa 137 gram
2. PLC Siemens tipe S7 300.
3. Silinder pneumatik kerja ganda dengan diameter piston 20 mm, diameter batang piston 8 mm dan panjang langkah 100 mm.
4. Silinder pneumatik tanpa batang (*rodless cylinder*) dengan diameter pistonnya 16 mm dan panjang langkah 100 mm.
5. *Solenoid valve* 5/2 sebagai pengontrol aliran udara pada silinder pneumatik. *Solenoid valve* yang digunakan berjumlah 2 buah.
6. Sensor yang digunakan ada 2 macam sensor yang digunakan, yaitu *micro switch* dan *reed switch*.
7. *One–way flow control* berjumlah 4 buah.
8. Kompresor
9. Timbangan digital
10. Tachometer

Alat dan bahan utama dalam perancangan konveyor

Dalam merancang konveyor terdapat beberapa komponen penyusun utama.

1. Sabuk terbuat dari bahan kain CP Taiwan.
2. Puli terbuat dari bahan aluminium berbentuk silinder. Diameter awal adalah 19 mm.
3. Saklar konveyor dengan *microswitch*.
4. Motor dc
5. Roda gigi
6. Rangka konveyor dan tempat penampungan terbuat dari akrilik. Untuk bagian penampungan terbuat dengan ketebalan 2 mm, dan pada bagian utama konveyor dengan ketebalan 5 mm.



Gambar 3. Skema rancangan konveyor

Proses Perancangan

Berdasarkan material yang diangkut pada *feeder station* ini, maka desain yang paling tepat digunakan adalah konveyor sabuk. Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam merancang konveyor sabuk antara lain perencanaan sabuk pengangkut benda kerja, puli, sistem penggerak (transmisi daya) dan motor. Konveyor sabuk yang akan dibuat terdiri dari 2 buah puli.

Puli pertama merupakan penggerak yang terhubung dengan motor, dan puli kedua merupakan puli pengikut yang dapat berfungsi sebagai pengatur tegangan sabuk. Benda kerja diangkut pada bagian atas konveyor. Sabuk yang digunakan pada konveyor dapat dibuat dari bahan dengan 2 lapis, kain dan karet. Lebar sabuk 60 mm, dimana didapatkan dari diameter benda kerja 50 mm ditambah 10 mm untuk menanggulangi apabila ada kesalahan pada peletakan benda kerja. Benda kerja yang diangkut pada konveyor diberi jarak agar tidak saling tabrak.

Cara kerja dari konveyor yaitu ketika benda kerja diumpankan oleh *feeder*, maka jumlah tumpukan benda kerja pada tempat penampungan akan berkurang. Ketika tumpukan benda kerja berkurang, maka saklar (*microswitch*) yang terdapat pada bagian atas penampungan akan mengaktifkan konveyor untuk mengirimkan benda kerja. Apabila penampungan penuh, saklar (*microswitch*) akan mematikan konveyor.

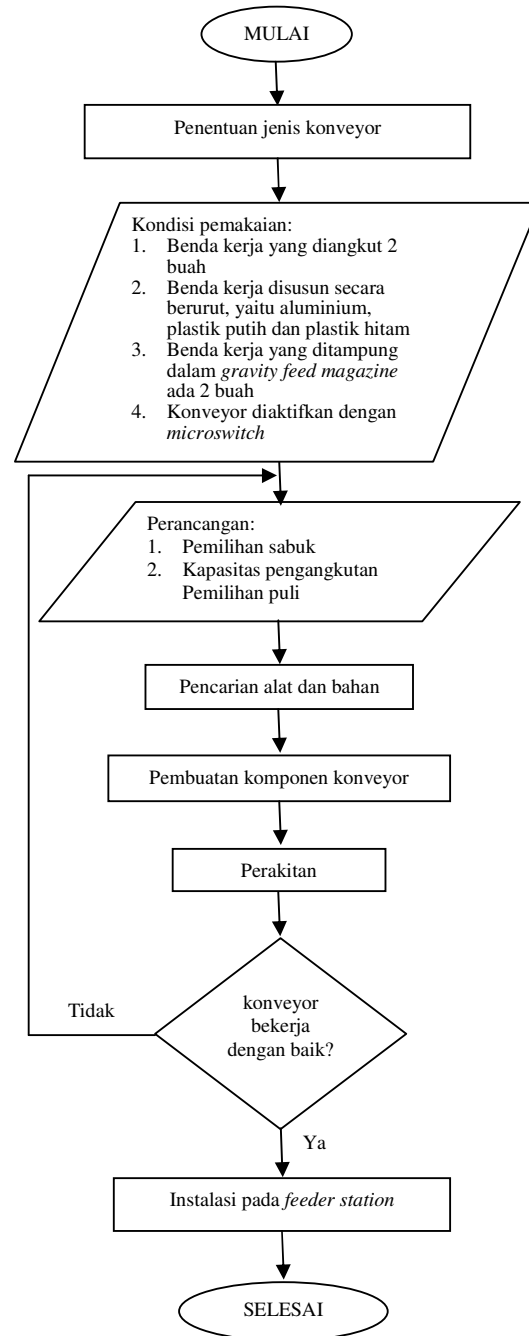
Motor yang digunakan untuk menggerakkan konveyor adalah motor dc 5 volt. Motor penggerak dihubungkan dengan puli bagian depan dengan menggunakan transmisi roda gigi. Kecepatan putaran motor dapat diatur dengan pemberian *potensio meter* sebagai pengatur tegangan motor.

Setelah konveyor dibuat, maka tahap selanjutnya adalah instalasi pada *feeder station* Festo MAPS. Pada rancangan Festo *double feeder* yang digunakan adalah dengan penampungan benda kerja ganda. Sedangkan rancangan ini penampungan yang digunakan hanya 1 dan jumlah tumpukannya adalah 2 benda kerja.

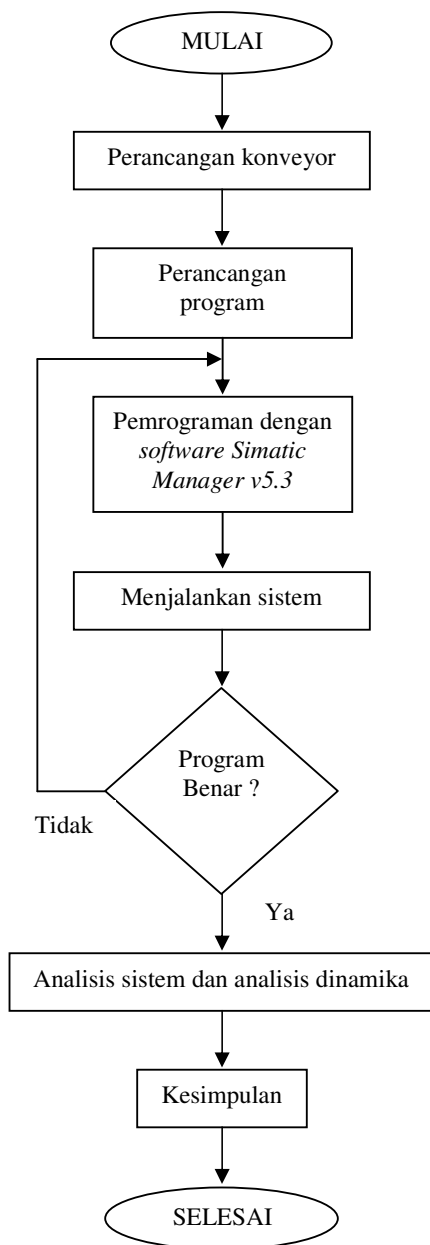
Tahap selanjutnya adalah perancangan program. Seluruh *input* dan *output* yang ada disusun hingga menjadi kondisi-kondisi yang akan dialami oleh *feeder*. *Software* yang digunakan adalah *Simatic Manager* versi 5.3. *Software* ini digunakan untuk pengendalian pada PLC Siemens. Bahasa program yang digunakan adalah *ladder diagram*. Setelah itu memasukkan program ke PLC.

Pada tahap akhir yaitu analisis sistem dan dinamika. Analisis sistem yang dilakukan adalah mengamati proses kerja pada rancangan. Jika ada

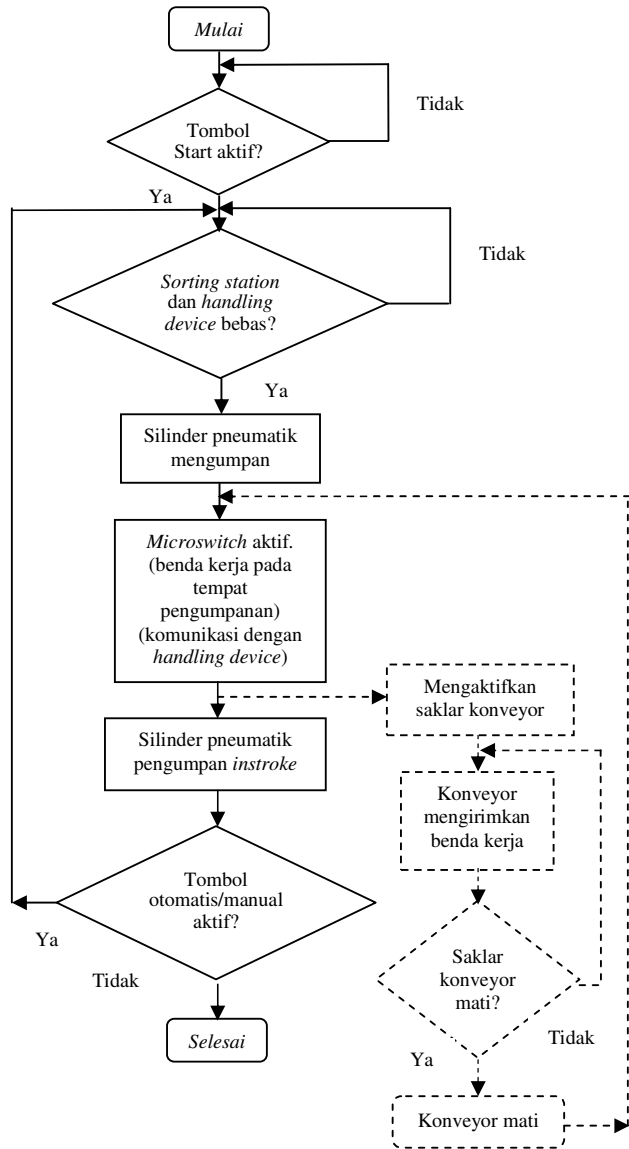
kesalahan atau ketidakstabilan pada sistem, maka dianalisa sebab-sebab yang mengakibatkan terjadinya kesalahan tersebut. Sedangkan pada analisis dinamika, variabel yang akan didapatkan adalah gaya, energi dan daya yang dibutuhkan untuk melakukan proses pengumpanan. Selanjutnya diagram alir proses perancangan dan pembuatan program disajikan pada gambar-gambar berikut.



Gambar 4. Diagram alir perancangan konveyor



Gambar 5. Diagram alir perancangan *feeder station*



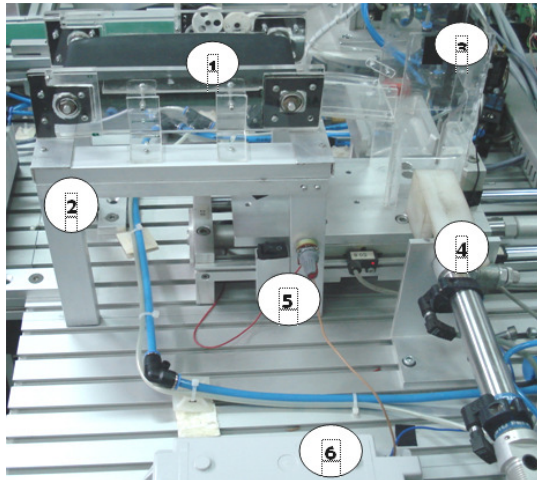
Gambar 6. Diagram alir pemrograman *feeder station*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan

Bagian-bagian pada rancangan *feeder station* adalah:

1. Konveyor sabuk
2. Meja aluminium
3. Tempat penampungan
4. Pengumpan
5. Potensiometer dan saklar
6. Catu daya



Gambar 7. Hasil rekayasa *feeder station*

Analisis sistem kerja

Pada sistem yang telah ada, yaitu *double feeder* proses pengumpanan yang terjadi hanya terbatas pada banyaknya benda kerja yang dapat ditampung pada *gravity feed magazine* (maksimal 12 benda kerja). Pada *feeder* dengan tambahan konveyor, proses yang terjadi dapat lebih kontinu dengan sumber benda kerja dari luar sistem. Kelebihan dengan adanya tambahan unit konveyor pada *feeder station* adalah dapat menerima benda kerja dari luar sistem, sehingga proses yang berlangsung dapat dibuat lebih panjang.

Pemilihan Sabuk

Dari hasil perhitungan maka didapatkan spesifikasi dari konveyor adalah:

1. Material sabuk terbuat dari bahan kain CP Taiwan.
2. Panjang total sabuk adalah 371 mm, lebar 60 mm dan tebal 0,5 mm.
3. Massa sabuk 11,96 gram.
4. Kecepatan maksimum sabuk 15 m/menit.

Kapasitas pengangkutan

1. Antar benda kerja diberi spasi 70 mm.
2. Kapasitas pengangkutan konveyor apabila dioperasikan secara kontinu adalah 3,57 benda/detik.

Pemilihan puli

1. Gaya efektif yang bekerja pada konveyor apabila pembebanan maksimum 2 benda kerja aluminium adalah 2,15 N.
2. Gaya pada *tight side* adalah 2,534 N dan pada *slack side* adalah 0,384 N.
3. Diameter puli 16 mm.
4. Torsi yang dialami puli adalah 0,0172 Nm.
5. Material puli adalah aluminium.

Sistem transmisi daya

1. Transmisi daya menggunakan roda gigi.
2. Menggunakan 5 buah roda gigi.
3. Rasio roda gigi adalah 1 : 27,97.

Tabel 1. Spesifikasi roda gigi

Roda gigi	Jumlah gigi (z)		Diameter puncak (d _p)	
	Gear	Pinion	Gear (mm)	Pinion (mm)
Roda gigi 2	18	-	6,75	-
Roda gigi 3	61	-	24,22	-
Roda gigi 4	54	19	21,22	7,22
Roda gigi 5	61	21	24,22	8,21
Roda gigi 6	61	21	24,22	-

Spesifikasi motor

1. Kecepatan putar pada motor adalah 8352,9 rpm.
2. Torsi pada motor adalah 0,000615 Nm.
3. Daya motor adalah 0,537.
4. Dengan menggunakan motor dc 5 Volt maka arus yang harus digunakan adalah 0,107 A, namun arus yang digunakan adalah 0,2 A.

Pemrograman

Bahasa pemrograman yang digunakan adalah diagram tangga (*ladder diagram*). Sebelum memulai pemrograman, maka terlebih dahulu kondisi-kondisi dari alat dideskripsikan ke dalam bentuk *flowchart*, agar memudahkan dalam menterjemahkan ke dalam bahasa program.

Analisis Dinamika

Pada *feeder station* baru

Diketahui gaya, usaha dan daya yang dibutuhkan untuk mengumpan benda kerja dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Dari hasil perhitungan, maka didapatkan gaya terbesar yang dibutuhkan untuk menggerakkan benda kerja yaitu 6,01 N, usaha sebesar 0,568 Joule dan daya sebesar 0,516 Watt pada benda kerja 1 (aluminium). Namun gaya yang dihasilkan oleh silinder pneumatik pengumpan adalah 169,56 N, sehingga kemampuan silinder pneumatik masih cukup besar untuk mengumpankan benda kerja.

Tabel 2. Hasil perhitungan gaya, usaha dan daya silinder pengumpan dengan konveyor

	Gaya (N)	Usaha (Joule)	Daya (Watt)
Benda kerja 1	6,01	0,568	0,516
Benda kerja 2	1,35	0,0675	0,0593
Benda kerja 3	2,7	0,259	0,118
Benda kerja 4	6,01	0,568	0,516
Benda kerja 5	1,35	0,0675	0,0593
Benda kerja 6	2,7	0,259	0,118
Benda kerja 7	6,01	0,568	0,516
Benda kerja 8	1,35	0,0675	0,0593
Benda kerja 9	2,7	0,259	0,118

Tabel 3. Hasil perhitungan gaya, usaha dan daya motor pada konveyor

	Gaya (N)	Usaha (Joule)	Daya (Watt)
Benda kerja 1	0,137	0,113	0,406
Benda kerja 2	0,137	0,113	0,406
Benda kerja 3	0,0921	0,0759	0,0272
Benda kerja 4	0,137	0,113	0,406
Benda kerja 5	0,137	0,113	0,406
Benda kerja 6	0,0921	0,0759	0,0272
Benda kerja 7	0,137	0,113	0,406
Benda kerja 8	0,137	0,113	0,406
Benda kerja 9	0,0921	0,0759	0,0272

Pada double feeder station lama

Diketahui gaya, usaha dan daya yang dibutuhkan untuk mengumpan benda kerja dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan gaya, usaha dan daya silinder pengumpan pada feeder station

	Gaya (N)	Usaha (Joule)	Daya (Watt)
Benda kerja 1	17,78	1,569	0,78
Benda kerja 2	4,58	0,422	0,2
Benda kerja 3	4,86	0,447	0,213
Benda kerja 4	8,352	0,745	0,366
Benda kerja 5	1,887	0,174	0,083
Benda kerja 6	0,537	0,049	0,023
Benda kerja 7	8,352	0,745	0,366
Benda kerja 8	1,887	0,174	0,083
Benda kerja 9	0,537	0,049	0,023
Magazine kanan ke kiri	21,91	2,191	0,267
Magazine kiri ke kanan	19,5	1,95	0,238

Dari hasil perhitungan, maka didapatkan gaya terbesar yang dibutuhkan untuk menggerakkan benda kerja yaitu 17,78 N, usaha sebesar 1,569 J, dan daya sebesar 0,78 Watt pada benda kerja 1 (aluminium) dengan jumlah tumpukan 6 benda kerja. Namun gaya yang dihasilkan oleh silinder pneumatik pengumpan adalah 169,56 N, sehingga kemampuan silinder pneumatik masih cukup besar untuk mengumpankan benda kerja.

Pada *gravity feed magazine* gaya yang dibutuhkan untuk memindahkan posisinya adalah 21,91 N untuk posisi kanan ke kiri, pada saat tersebut *gravity feed magazine* masih menampung 3 buah benda kerja. Untuk posisi kiri ke kanan gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan *gravity feed magazine* adalah 19,5 N, pada saat tersebut *gravity feed magazine* dalam keadaan kosong (kembali ke posisi awal proses). Namun gaya yang dihasilkan oleh silinder pneumatik pengumpan adalah 108,513 N, sehingga kemampuan silinder pneumatik masih cukup besar untuk mengumpankan benda kerja.

PENUTUP
Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan analisis, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Stasiun *feeder* baru mampu menyuplai benda kerja pada MAPS secara kontinyu.
2. Stasiun *feeder* yang baru dapat bekerja lebih efektif dibanding dengan stasiun *feeder* yang lama, karena hanya membutuhkan gaya, usaha dan daya yang lebih kecil.
3. Silinder pneumatik masih aman digunakan untuk sistem yang baru.
4. Pemrograman pada *feeder station* yang baru lebih sederhana dibandingkan dengan pemrograman pada *double feeder station* yang lama.

Saran

Untuk lebih mengembangkan perancangan ini, penulis menyarankan:

1. Perancangan untuk dikembangkan dengan menambahkan sistem penyuplaian benda kerja sebelum masuk ke unit konveyor dengan mengintegrasikan dengan sistem lain.
2. Mempergunakan Festo MAPS sebagai modul dalam praktikum mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

Apple, James M.,1977, *Tataletak Pabrik dan Pemindehan Bahan*, Penerbit ITB, Bandung.

Bolton, William, 2004, *Programmable Logic Controller (PLC) Sebuah Pengantar*, Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta.

Bridgestone, *Belt Conveyor Design Manual*, Teknik Mesin UGM.

Croser, P., *Pneumatik--Buku Pelajaran*, Festo Didactic.

Khurmi, R. S., 2002, *A Text Book Of Machine Design*, Eurasia Publishing House (Pvt) Ltd, New Delhi.

Krist, Thomas, 1993, *Dasar-Dasar Pneumatik*, Erlangga, Jakarta.

Modul stasiun double feeder, Festo.

Programming with Step 7 V5.3, User's Manual Simatic S7, Siemens.

Prabuwono, A.S., Kurniawan D., Away Y., 2007, Perancangan Sistem Inspeksi Visual Berbasis Programmable Logic Controller (PLC) Pada Modular Automation Production System (MAPS), *Jurnal Teknik Gelagar*, Vol. 18, No. 01, 11 – 18.

Rostiyanti, Susy F., 2002, *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*, Rineka Cipta, Jakarta.

Sugihartono, 1985, *Dasar-Dasar Kontrol Pneumatik*, Tarsito, Bandung.

Sularso, 2004, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.

www.maswie2000.files.wordpress.com/2007/11/full-pneumatic1.pdf

Yulianto, Anang, ST., 2006, *Panduan Praktis Belajar PLC (Programmable Logic Kontroller)*, PT Elex Media Koputindo, Jakarta.