

Perancangan dan Prototype Automatis Mesin Single Bore dengan Motor AC 1 Fasa Berbasis Pengontrolan Pneumatik dan PLC

Saeful Bahri¹, Chairul Anwar²

^{1),2)}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Tengah, Cempaka Putih, Jakarta 10510, Indonesia
Email : saefulb@ftumj.ac.id

ABSTRAK

Programmable Logic Controller adalah suatu peralatan elektronika yang bekerja secara digital memiliki memori yang dapat diprogram, menyimpan perintah-perintah untuk melakukan fungsi-fungsi khusus seperti logika, timing, dan counting untuk mengontrol berbagai jenis mesin melalui modul input – output analog atau digital. Tugas akhir ini adalah pemanfaatan teknologi PLC OMRON SYSMAC CP1E – E20SDR – E dan elektropneumatik untuk mengotomasi mesin single bore dengan proses manual menjadi otomatis yang dilakukan untuk pengaplikasiannya ke produksi. Inputnya berupa saklar push button, sementara outputnya berupa solenoid valve. PLC disini berfungsi sebagai kontroler yang mengolah input dan output. Pembuatan Tugas Akhir ini dilakukan dengan membuat alat peraga elektropneumatik PLC. Hasil dari perancangan ini adalah PLC berhasil mengontrol dari mesin single bore dengan otomatis secara fungsinya, dengan demikian prototype sesuai dengan yang diharapkan. Penggerak silinder aktuator double acting MAL berdiameter 20 mm dan panjang langkah 50 mm. Sedangkan daya kompresor yang dibutuhkan adalah sebesar 0.5 HP.

Kata kunci : Programmable Logic Controller (PLC), Solenoid Valve , Silinder Aktuator

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri dewasa ini, khususnya dunia industri di negara kita, berjalan amat pesat seiring dengan meluasnya jenis produk-produk industri, mulai dari apa yang digolongkan sebagai industri hulu sampai dengan industri hilir. Kompleksitas pengolahan bahan mentah menjadi bahan baku, yang berproses baik secara fisika maupun secara kimia, telah memacu manusia untuk selalu meningkatkan dan memperbaiki kinerja kerja sistem yang mendukung proses tersebut, agar semakin produktif dan efisien. Salah satu yang menjadi perhatian utama dalam hal ini ialah penggunaan sistem pengendalian proses industri (sistem kontrol industri).

Dalam era industri modern, sistem kontrol proses industri biasanya merujuk pada otomatisasi sistem kontrol yang digunakan. Sistem kontrol industri dimana peranan manusia masih amat dominan, misalnya dalam merespon besaran-besaran proses yang diukur oleh sistem kontrol tersebut dengan serangkaian langkah berupa pengaturan panel dan saklar-saklar yang relevan telah banyak digeser dan digantikan oleh sistem kontrol otomatis. Oleh karena itu jelas mengacu pada faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dan produktivitas

industri itu sendiri, misalnya faktor human error dan tingkat keunggulan yang ditawarkan sistem kontrol tersebut. Salah satu sistem kontrol yang amat luas pemakaiannya ialah Programmable Logic Controller (PLC). Penerapannya meliputi berbagai jenis industri mulai dari industri rokok, otomotif, petrokimia, kertas, bahkan sampai pada industri tambang, misalnya pada pengendalian turbin gas dan unit industri lanjutan hasil pertambangan. Kemudahan transisi dari sistem kontrol sebelumnya (misalnya dari sistem kontrol berbasis relay mekanis) dan kemudahan trouble - shooting dalam konfigurasi sistem merupakan dua faktor utama yang mendorong populernya PLC ini.

Mesin single bore ini digunakan untuk pengeboran khususnya untuk material kayu ini sendiri. Prinsip kerja yang sederhana pada mesin ini yaitu material kayu diletakkan di atas jig lalu di clamp untuk dilakukan pengeboran terhadap material kayu yang disebut dengan material cleat. Pengeboran ini dilakukan oleh operator yang bersangkutan secara manual dengan presentasi peranan manusia 50 % dan mesin 50 %. Material cleat ini digunakan untuk pemasangan side arm pada produk Piano berbentuk barang jadi. 3

Kasus yang di ambil PT. Yamaha Music Manufacturing Asia yang memproduksi salah

satunya Piano. Melihat pada kondisi actual sekarang, proses tersebut tidak efektif dan efisien serta adanya pemborosan waktu dan gerakan dalam produksi itu sendiri. Merujuk pada kilas balik atau pun fakta dari mesin tersebut pernah adanya kecelakaan kerja internal pada perusahaan dalam proses di mesin ini yang menyebabkan accident pada operator yang bersangkutan sehingga penulis melakukan peninjauan langsung ke lapangan guna penelitian terkait adanya peningkatan kapasitas produksi, kualitas produk lebih terjamin, waktu proses (cycle time) lebih cepat, serta kenyamanan dan keselamatan pada operator tersebut.

Permasalahan yang timbul tersebut, melakukan observasi serta melakukan penelitian untuk mencari cara agar mempermudah dalam proses produksi berlangsung, sehingga terciptalah suatu ide perancangan dan pembuatan mesin khususnya “ **PERANCANGAN DAN PROTOTYPE AUTOMATIS MESIN SINGLE BORE DENGAN MOTOR AC 1 FASA BERBASIS PENGONTROLAN PNEUMATIK DAN PLC** ” yang dapat dilakukan secara maksimal dan dapat membantu dalam pencegahan kurang effisiensinya dalam pengeboran serta safety (pengamanan) langsung terhadap mesin dalam proses produksi.

Dalam penelitian digunakan mesin single bore AC 1 fasa dengan sistem berbasis PLC dan Pneumatik yang dapat mempermudah dalam pengeboran terhadap material. Mesin ini sangat efektif dalam hal waktu serta dilengkapi dengan sistem otomatis yang menggunakan media panel yang sering kita jumpai, yang menggunakan penggerak pneumatik untuk melakukan pengeboran serta untuk kendali kontrol dari mesin tersebut yaitu PLC sendiri, sehingga mesin ini mempercepat proses, dan sangatlah mudah untuk cara pengoperasiannya.

1.2 Perumusan Masalah

Sehubungan dengan judul dan pembatasan masalah di atas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mendesain dan membuat simulasi diskripsi kerja dari mesin single bore otomatis dengan motor ac 1 fasa berbasis pengontrolan pneumatik dan PLC.
2. Bagaimana cara merencanakan sistem elektro pneumatic dari mesin single bore otomatis dengan motor
3. ac 1 fasa berbasis pengontrolan pneumatic dan PLC.
4. Bagaimana cara merencanakan perhitungan dari sistem tersebut

5. Bagaimana cara pemrograman PLC yang akan digunakan sebagai kontrol dari sistem itu sendiri

1.3 Tujuan

Tujuan teknis dari penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mahasiswa mampu membuat sistem elektro pneumatik pada mesin single bore otomatis sesuai diskripsi kerja yang ditentukan.
2. Mahasiswa mampu merancang perhitungan pada sistem kontrol yang di buat.
3. Mahasiswa mampu membuat program PLC untuk sebagai kontrol sistem yang telah dirancang.
4. Sebagai media pembelajaran mahasiswa modul praktikum sistem PLC dan pneumatik.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PLC (Programmable Logic Controller)

Pada awal revolusi industri, khususnya era 1960 dan 1970 mesin – mesin otomatis dikendalikan oleh pengendali terprogram tetap dengan pengawatan yag biasa dikenal sebagai sistem kendali konvensional menggunakan rele – rele elektromagnetik. Sebuah mesin otomatis membutuhkan banyak rele yang dirangkai dalam sebuah panel kontrol. Semakin kompleks kerja suatu mesin otomatis, maka jumlah rele yang dibutuhkan akan semakin banyak, begitu juga dengan pengawatannya. Tahun 1970 merupakan awal ditemukannya teknologi *Programmable Logic Controller*(PLC) yang merupakan regenerasi teknologi mikroprosesor (μP). PLC mampu menggantikan fungsi beberapa rele sekaligus, sehingga dimensi panel kontrol PLC menjadi lebih kecil dan pengawatannya juga lebih sedikit dari sistem konvensional.

Programmable logic controller (PLC) yang pertama telah dikembangkan oleh para insinyur General Motor pada tahun 1968, saat mana perusahaan menemukan jalan buntu untuk mencari pengganti sistem kontrol rele yang sangat komplek. Sehingga ditetapkan bahwa sistem kontrol baru ini (PLC) harus memenuhi beberapa persyaratan yang sekaligus merupakan keuntungannya, yaitu sebagai berikut: Pemrograman sederhana, Perubahan program tanpa harus merubah sistem (tidak ada perubahan instalasi di dalamnya), Lebih kecil, lebih murah dan lebih stabil dari pada hubungan sistem kontrol rele, Sederhana, biaya perawatan murah. Perkembangan berikutnya difokuskan di dalam sistem yang memungkinkan sambungan dilakukan secara seerhana untuk sinyal-sinyal biner.

Ketentuan-ketentuan seperti bagaimana sinyal-sinyal dihubungkan adalah menjadi bagian tugas di dalam program kontrol. Dengan sistem kontrol baru ini menjadi mungkin untuk pertama kali merencanakan sinyal-sinyal pada layar dan menyimpan di dalam penyimpanan elektronik.

Sejak itu, tiga dekade telah dilewati, hingga kemajuan yang sangat pesat telah dilakukan di dalam pengembangan elektronik mikro, seperti halnya pada PLC. Misalnya, bagaimana mengoptimalkan program tanpa harus khawatir dengan kapasitas memori yang terbatas. Sekarang hal ini menjadi sesuatu yang sangat mudah untuk diatasi. Selain itu, jangkauan fungsinya telah berkembang sangat pesat. Lima belas tahun yang lalu, visualisasi proses, dan proses analog dengan menggunakan PLC sebagai kontrol dianggap sebagai suatu impian. Sekarang, pendukung dari fungsi-fungsi ini telah menyatu dengan banyak PLC. Saat ini, PLC telah banyak digunakan sebagai pengendali mesin – mesin otomatis di industri. Beberapa macam aplikasi PLC yang umum ditemukan di industri antara lain; Material Handling, Sistem Conveyor, Mesin Pengepakan, Kendali Robot Tangan, Kendali Pompa, Kendali Kolam Renang, Water Treatment, Plan Proses Kimia, Industri Kertas, Pabrik Kaca, Pabrik Semen, Industri Percetakan, Plan Electroplating, Industri Makanan, Peralatan mesin, Industri tembakau, Industri Semikonduktor, Pabrik Gula, Pabrik rokok, Kendali AC, Power Station Plant, Kendali Proses Monitoring, Industri Peralatan Elektrik / elektronik, Pabrik disk drive, Pabrik Minyak Bumi, Sistem lampu lalu lintas, Stasiun Kendali Kereta, Pabrik Plastik, Pabrik mobil / motor, Pabrik Pembuat Chip, Sistem Kendali Generator, Parkir Otomatis.

2.2 PNEUMATIK

Kata pneumatik berasal dari bahasa “pneu” yang berarti napas atau udara dan kata “matik” yang berarti gerakan. Jadi pneumatik adalah udara mampat yang dapat digerakan sehingga menghasilkan suatu sistem kerja, sedangkan dalam pengertian teknik pneumatik adalah alat penggerak, pengendali, pengatur, penghubung, dan perentangan yang mengambil gaya dan penggerakannya udara mampat.

Pneumatik merupakan salah satu cabang dari teori aliran atau mekanika fluida yang menitik beratkan perhatiannya pada aliran udara melalui saluran – saluran seperti: pipa, selang, dan sebagainya serta aksi dan penggunaan udara mampat. Udara yang digunakan dalam pneumatik adalah udara yang ada disekitar kita, dalam prakteknya

udara yang digerakan harus dimampatkan dahulu sebelum dipindahkan ke dalam ruang tempat yang relative berukuran lebih kecil sehingga menghasilkan udara mampat yang dapat bekerja pada suatu sistem pneumatik. Jadi pada dasarnya pneumatik merupakan suatu hal yang membahas mengenai udara yang bergerak. Keadaan dan syarat keseimbangan udara pada perkembangan industri, udara dihisap dengan menggunakan pompa, khusus yang disebut kompresor dan di mampatkan dari tekanan normal (0,98 bar) sampai tekanan lebih tinggi (8-15 bar) masuk ke dalam sebuah rangkaian pneumatik. Udara mampat digunakan dengan cara mengalirkan udara yang bertekanan tersebut melalui rangkaian untuk menggerakkan actuator.

Jika motor kompresor yang dipakai menggunakan tenaga listrik maka tenaga yang dihasilkan adalah tenaga listrik. Adapun hal – hal yang harus diperhatikan dalam konstruksi pneumatik adalah :

1. Perkembangan kecepatan melalui penampang pipa jalan
2. Pengaruh panjang dan kekasaran dinding pipa atas hambatan aliran gas
3. Mengurangi hambatan aliran gas pada suatu benda secara garis besar pembagian pneumatik adalah sebagai berikut :

Adapun pembagian teknis .

- a. Pneumatik adalah penyerahan gaya dan energy mekanik, seperti : mesin produksi dan peralatan pengangkutan
- b. Pneumatik kendali dan penyatuan adalah teknik pengolahan sinyal dan data seperti : pengerjaan cermat dengan menggunakan PLC

Menurut tenaga kerja

- a. Tekanan yang sangat rendah (1,001 – 1,1 bar)
- b. Tekanan rendah (1,2 – 2 bar)
- c. Tekanan tinggi (2 – 8 bar)
- d. Tekanan sangat tinggi (8 – 15 bar)

Menurut bidang penggunaan

- a. Penyerahan kerja gaya dan kerja mekanik
 1. Pergerakan kerja gaya dan kerja mekanik
 2. Menyetel dan menepatkan seperti rem
- b. Pengangkutan, seperti : pesawat angkat
- c. Pengolahan sinyal dan pengolahan data
 1. Elemen pemasuk dan keluar data, seperti : alat penunjuk dan pencatat pada PLC
 2. Elemen pengolah data, seperti : tabung hitung analog
 3. Elemen penguat, seperti : penguat sinyal

2.3 PENGATURAN MOTOR INDUKSI AC 1 FASA DENGAN INVERTER

Inverter adalah rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversikan tegangan searah (DC) ke suatu tegangan bolak – balik (AC). Motor induksi satu fasa pada umumnya akan berputar pada kecepatan yang hampir konstan saat dihubungkan pada tegangan dan frekuensi yang konstan, kecepatannya sangat mendekati kecepatan sinkronnya. Bila torsi beban bertambah, maka kecepatannya akan sedikit mengalami penurunan sehingga motor induksi sangat cocok digunakan menggerakkan sistem yang membutuhkan kecepatan konstan. Namun dalam kenyataannya terutama di industry terkadang dikehendaki juga adanya pengaturan kecepatan. Pengaturan kecepatan sebuah motor induksi memerlukan biaya yang relatif mahal. Pengaturan kecepatan motor induksi dapat dilakukan beberapa cara, diantaranya :

1. Mengubah jumlah kutub, karena kecepatan operasi motor induksi mendekati kecepatan sinkron, maka kecepatan motor dapat diubah dengan cara mengubah jumlah kutubnya, sesuai dengan persamaan :

$$N_s = \frac{120 \cdot F}{P} \dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

N_s = Kecepatan sinkron motor (rpm)

F = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutub motor

Menghitung slip pada motor dalam persen (%)

$$\% \text{ Slip} = \frac{N_s - N}{N_s} \times 100 \dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

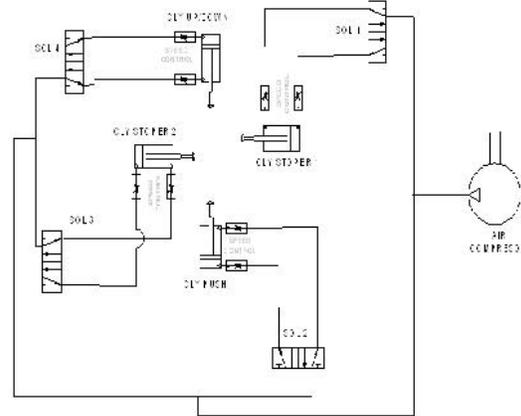
N_s = Kecepatan sinkron motor (rpm)

N = Kecepatan aktual (rpm)

2. Mengubah frekuensi sumber daya
3. Mengubah tegangan terminal
4. Pengaturan tahanan luar

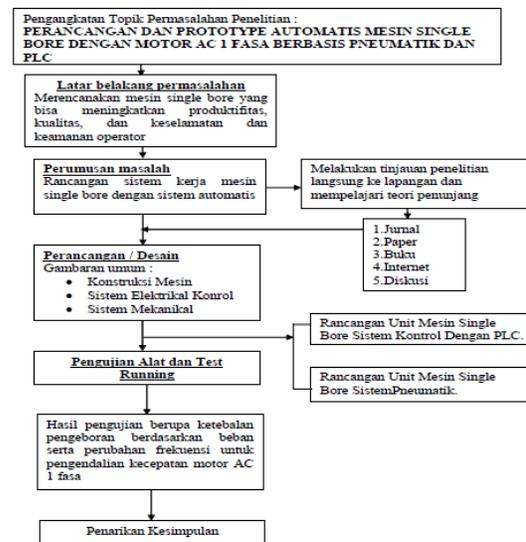
3 PERANCANGAN DAN PROSES PEMBUATAN ALAT

3.1 Perancangan Sistem Pneumatik



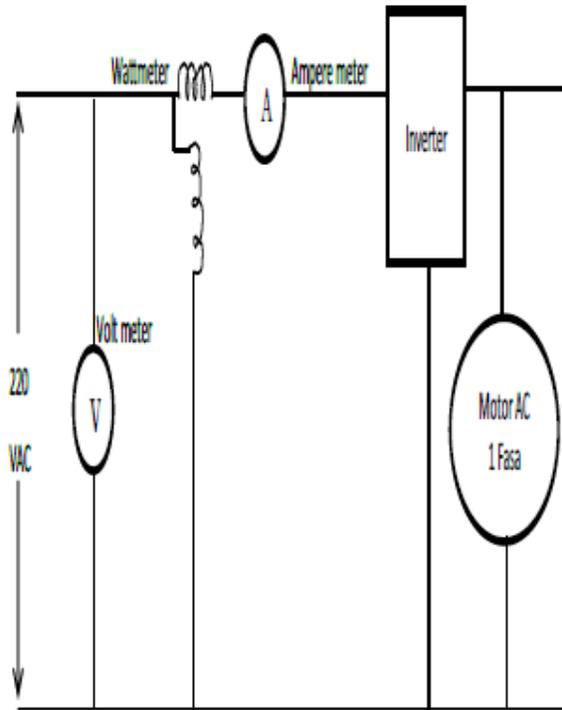
3.2 Perancangan Alir Penelitian

PERANCANGAN ALIR PENELITIAN



3.3 Skema Pengujian Rangkaian Inverter 1 Fasa

Rangkaian inverter satu fasa yang dibuat dalam pengujian ini bekerja berdasarkan perubahan frekuensi berupa tegangan, arus, daya, dan kecepatan yang masuk ke motor. Dalam skema perancangan rangkaian inverter ini akan mendapatkan suatu nilai perbandingan terhadap penelitian tegangan, arus, daya, dan kecepatan terhadap masukan motor tanpa beban dan dengan beban. Berikut skema rancangan rangkaian inverter satu :



Gambar 3.3 Skema Pengujian Rangkaian Inverter 1 Fasa perubahan frekuensi

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Pengaturan Frekuensi Masukan Motor Tanpa Beban

Pada pengukuran kondisi ini rangkaian inverter dihubungkan ke sebuah motor AC 1 (satu) fasa yang porosnya tidak dihubungkan ke suatu beban mekanis apapun. Jadi dalam hal ini tidak ada proses pengeboran pada mesin atau alat yang bersangkutan hanya pengujian motor saat berputar saja dengan pengendali potensio internal inverter saja.

Dari hasil pengukuran untuk melihat keakurasian dari pengujian mesin (alat) yang dibuat, dilakukan juga perbandingan dengan hasil perhitungan yang detail perhitungannya yang dibuktikan pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Pengukuran pengaturan frekuensi motor tanpa beban

No	Frekuensi (Hertz)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Kecepatan (RPM)
1	25	175,36	0,69	121	690
2	30	180,55	0,72	130	880
3	35	192,2	0,77	148	1000
4	40	198,8	0,85	169	1125
5	45	203,191	0,94	191	1250
6	50	207,76	1,03	214	1420

4.2 Hasil Pengukuran Pengaturan Frekuensi Masukan Motor Dengan Beban

Dalam tabel 4.1 terlihat bahwa semakin besar frekuensi masukan motor, maka semakin besar kecepatan putar motor, atau dengan kata lain kecepatan putar motor berbanding lurus dengan frekuensi namun jika dibandingkan dengan kondisi tanpa beban dalam kondisi dengan beban ini untuk frekuensi motor yang sama kecepatan motor turun cukup signifikan. Pada pengukuran kondisi ini rangkaian inverter dihubungkan ke sebuah motor AC satu fasa yang porosnya dihubungkan ke suatu beban mekanis sebesar 0,09 N-m terhadap ketebalan material saat pengeboran sedang beroperasi. Jadi untuk beban mekanisnya itu sendiri berdasarkan pengujian ketebalan dari material cleat yang digunakan dalam pengeboran otomatis tersebut, yang dibuktikan pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Pengukuran pengaturan frekuensi motor berbeban mekanis 0,09 N-m

	Frekuensi (Hertz)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Kecepatan (RPM)
1	30	180,55	0,99	165	810
2	35	192,2	1,05	197	960
3	40	198,8	1,09	201	1050
4	45	203,191	1,13	220	1190
5	50	207,76	1,18	236	1340

Slip timbul karena adanya perbedaan antara kecepatan medan putar dan kecepatan rotor. Hubungan antara slip dengan frekuensi dapat dibuktikan pada tabel 4.3 sebagai berikut :

$$N_s = \frac{120 \cdot F}{P} \dots\dots\dots(2.1)$$

Tabel 4.3 Slip motor dengan beban mekanis 0,09 N-m

$$N_s = \frac{120 \cdot 30}{4} = 900 \text{ rpm kecepatan sinkron}$$

No	Frekuensi	Kecepatan Stator Motor (Ns)	Kecepatan Aktual Motor (N)	Slip
	(Hertz)	(RPM)	(RPM)	(%)
1	30	900	810	10
2	35	1050	960	8,57
3	40	1200	1050	12,5
4	45	1350	1190	11,85
5	50	1500	1340	10,67

Persamaan rumus :

$$\% \text{ Slip} = \frac{N_s - N}{N_s} \times 100 \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\% \text{ Slip} = \frac{900 - 810}{900} \times 100 = 10 \%$$

Dari tabel 4.4 didapatkan slip motor pada saat motor dioperasikan dalam keadaan dengan beban mekanis sebesar 0,09 N-m terhadap slip motor didapatkan rata rata sebesar 10,718 %. Hubungan antara frekuensi terhadap slip motor dapat digambarkan dengan grafik 4.1 dibawah ini.

4.3 DATA PENGAMBILAN WAKTU PROSES (CYCLE TIME)

Cycle time adalah waktu yang dibutuhkan seorang operator untuk menyelesaikan 1 siklus pekerjaannya termasuk untuk melakukan kerja manual dan berjalan. Terkadang diartikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 produk, dalam hal ini ditentukan dari proses yang paling lama, apakah itu pekerjaan manusia atau mesin. Dalam pengambilan data ini berikut dapat dibuktikan pada tabel 4.4



Grafik 4.1 Frekuensi terhadap Slip motor dengan beban

Tabel 4.4 Data Perbandingan Waktu Proses (Cycle Time) Sebelum Dan Sesudah

Dari grafik 4.1 terlihat bahwa pada saat nilai frekuensi 30 Hz sampai dengan frekuensi 50 Hz untuk kecepatan motor dengan beban bisa dihitung karena adanya hubungan antara kecepatan motor dengan slip motor sesuai dengan persamaan rumus 2.1 dan persamaan rumus 2.2 sebagai berikut :

Persamaan rumus :
 Frekuensi 30 Hz

Sebelum				Setelah			
Sample	Waktu (menit)	Sample	Waktu (menit)	Sample	Waktu (menit)	Sample	Waktu (menit)
1	0.25	21	0.24	1	0.2	21	0.2
2	0.25	22	0.24	2	0.2	22	0.2
3	0.24	23	0.25	3	0.19	23	0.2
4	0.25	24	0.25	4	0.2	24	0.21
5	0.25	25	0.24	5	0.21	25	0.19
6	0.25	26	0.26	6	0.21	26	0.19
7	0.26	27	0.24	7	0.2	27	0.21
8	0.26	28	0.26	8	0.2	28	0.21
9	0.26	29	0.26	9	0.21	29	0.21
10	0.25	30	0.25	10	0.19	30	0.19
11	0.25	31	0.25	11	0.19	31	0.2
12	0.24	32	0.25	12	0.19	32	0.2
13	0.24	33	0.25	13	0.2	33	0.2
14	0.24	34	0.25	14	0.21	34	0.21
15	0.24	35	0.24	15	0.2	35	0.21
16	0.26	36	0.24	16	0.2	36	0.19
17	0.26	37	0.24	17	0.2	37	0.2
18	0.25	38	0.24	18	0.19	38	0.2
19	0.26	39	0.26	19	0.19	39	0.2
20	0.24	40	0.26	20	0.19	40	0.21
Rata - Rata			0,24925	Rata - Rata			0,2

Data diatas merupakan perbandingan waktu proses (cycle time) antara sebelum dan sesudah menggunakan prototype dari mesin single bore 1 fasa secara otomatis dengan berbasis pneumatik dan PLC. Waktu proses pada saat sebelum menggunakan mesin secara manual rata – rata adalah **0,24925** menit / pcs, sedangkan setelah menggunakan secara otomatis menjadi lebih kecil rata – ratanya yaitu **0,2** menit/pcs.

Keuntungan waktu proses setelah menggunakan mesin ini adalah :

$$0,24925 \text{ menit / pcs} - 0,2 \text{ menit / pcs} = 0,04925 \text{ menit / pcs}$$

Kapasitas produksi dalam 1 shift (8 jam kerja) adalah :

Sebelum = = 1925,777 pcs dibulatkan menjadi 1926 pcs.

Sesudah = = 2400 pcs

Jadi produktifitas produksi naik sebesar :
 (2400 pcs – 1926 pcs) = **474 pcs / shift**

5 KESIMPULAN

Pada perancangan dan prototype otomatis mesin single bore dengan motor ac 1 fasa berbasis pengontrolan pneumatik dan PLC ini yang telah dibuat dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengukuran kondisi motor tanpa beban maupun dengan beban, tegangan yang dihasilkan inverter untuk frekuensi yang sama adalah sama. Pada keadaan motor tanpa beban putaran motor lebih besar dari pada putaran motor dengan beban karena motor dihubungkan porosnya ke suatu beban mekanis sebesar 0,09 N-m sehingga untuk torsi motor meningkat namun untuk putaran motor berkurang.
2. Hasil untuk pengukuran frekuensi dengan beban sebesar 0,09 N-m terhadap slip motor didapatkan rata rata sebesar 10,718 %.
3. Berdasarkan pengukuran waktu proses produksi (cycle time) sebelum dan sesudah menjadi lebih cepat sebesar 0,04925 menit / pcs, sehingga produktifitas produksi meningkat sebanyak 474 pcs / shift.

DAFTAR PUSTAKA

- FESTO DIDACTIC , *Introduction to Pneumatics*, Germany, 1987.
- Sugihartono. Drs, *Dasar – Dasar Kontrol Pneumatik*, Penerbit Tarsito, Bandung, 1996.
- Febyansyah, Firmansyah, ST, *Perancangan Dan Analisa Sistem Pneumatik Pada Mesin Press Sil Oli Dengan Suplai Gemuk Otomatis*, Universitas Mercubuana, Jurusan Teknik Mesin, Jakarta, 2009.
- Eka Maulana, ST, MT, MEng. *Pengendalian Pneumatik Dengan PLC* , Departement of Electrical Engineering, Brawijaya University
- Tri Rahadi, Ari Saddam, ST, *Perancangan Mesin Pemipih Dan Pemootong Adonan Mie*, Universitas Negeri Yogyakarta, Jurusan Teknik Mesin, 2012.
- Yasir Ismail, Adi Purwanto, Saiful Huda, dkk, *Perancangan Mesin Weigh Checker Otomatis Dengan Sistem Pneumatik Berbasis PLC*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains Dan Teknologi AKPRIND, Yogyakarta, 2014.
- Dony Susandi, 2004. “Automatisasi Processing Equipment Dengan Menggunakan PLC Pada

Mesin Bubut Konvensional(BV-20)".
Bandung, Universitas Jendral Ahmad Yani,
Bandung.

Bolton, W. 2003. *Programmable Logic Controller*.
Third Edition. Oxford: Newnes.

<http://www.google.com>