

**PEMILIHAN INPUT FREKUENSI MOTOR STEPPER UNTUK MENCAPAI KECEPATAN
PRODUKSI MAKSIMAL PADA SUB SISTEM FEEDER
MESIN PEMROSES SOCKEL SEMI OTOMATIS**

**Eko Purwanto Aribowo^{1*}, Betty Oktavia², Benedicta Vania Arbanu³,
Brian Budi Santoso⁴, Ignasius Winasis Adji Prayoga⁵, Vincencius Marcello Irawan⁶**

^{1,2,3,4,5,6} Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

*Email: eko.purwanto@atmi.ac.id

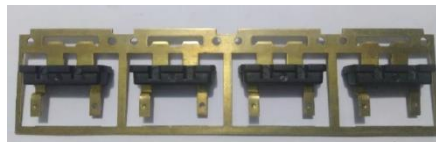
Abstrak

Sockel adalah sebuah konektor pada drucknoff circuit breaker yang di produksi oleh PT. ATMI-IGI bagian WI. Mesin pemroses sockel dibuat untuk meningkatkan kapasitas produksi pabrik dalam memproduksi sockel. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan frekuensi ideal yang diperbolehkan untuk diterapkan pada motor stepper yang menggerakkan sub sistem feeder, sehingga sistem bisa memenuhi target produksi 40.000 buah sockel dalam waktu kurang dari atau sama dengan 21 jam. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perhitungan teori kebutuhan frekuensi motor stepper dibandingkan dengan target waktu produksi. Hasil perhitungan dan analisa menunjukan bahwa frekuensi ideal yang harus di terapkan pada stepper motor agar sistem dapat mencapai target kecepatan produksi adalah 700 sampai dengan 1000 Hz.

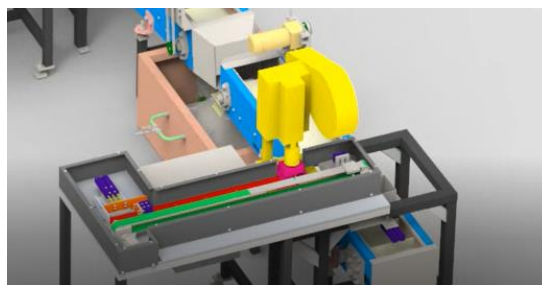
Kata-kata kunci: feeder, frekuensi, produksi, sockel, stepper

1. PENDAHULUAN

Mesin pemroses *sockel* terdiri dari 3 sub sistem, yaitu sub sistem *feeder*, sub sistem *conveyor*, dan sub sistem *shaker*. Pada sub sistem *feeder* terjadi proses *cutting*. *Sockel* akan dicekam oleh sebuah *gripper* yang digerakkan melalui mekanisme *timing belt*. *Pulley* pada *timing belt* digerakkan oleh motor *stepper* dengan seri *A16K-M569-B*. Kecepatan produksi mesin sangat bergantung pada frekuensi motor *stepper* yang akan mempengaruhi kecepatan proses *cutting sockel*. Pengendalian motor *stepper* dilakukan dengan driver *MD5-HD14* yang menerima pulsa dari *MD5-HD14*. Nilai frekuensi yang dihitung pada penelitian ini berguna sebagai variabel yang diisikan pada parameter function program PLC yang berguna untuk mengatur kecepatan putar motor *stepper*.



Gambar 1. Produk sockel



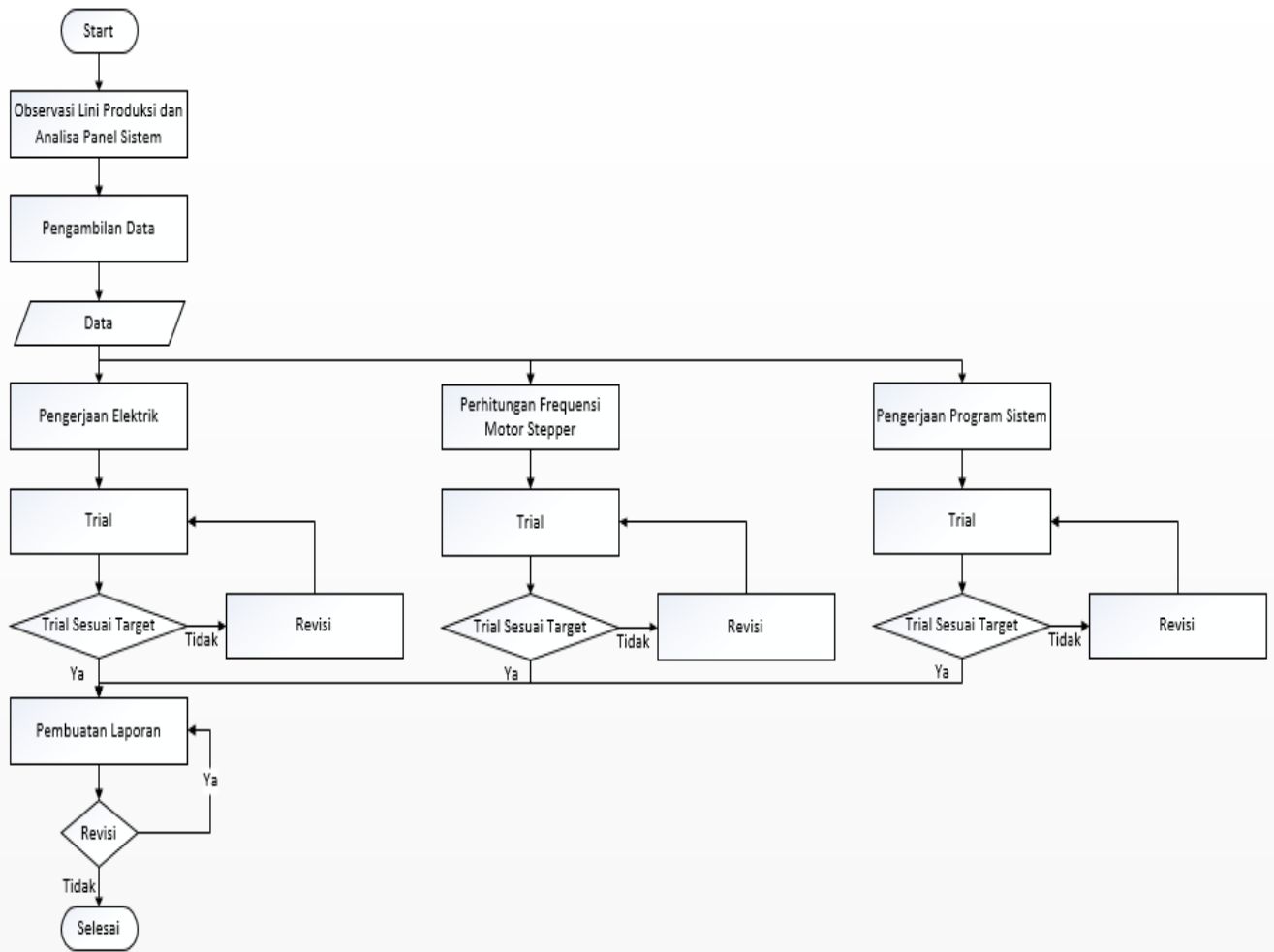
Gambar 2. Bagian sub sistem feeder

2. METODOLOGI

Penelitian pada pemilihan frekuensi ini melalui beberapa tahap. Metode yang digunakan adalah pengumpulan data, dan analisa data secara kuantitatif. Pengujian yang dilakukan akan menghasilkan angka yang nantinya akan dianalisis untuk menjadi nilai ideal kebutuhan frekuensi.

2.1. Proses Penelitian

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan mulai dari observasi lini dampak dengan pengujian dan pembuatan laporan di tunjukan dengan *flowchat* di gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Proses Penelitian

2.2. Sumber Data Penelitian

Sumber data penelitian diambil dari:

1. Hasil observasi kebutuhan *customer* mengenai kecepatan sistem yang diinginkan
2. *Datasheet programming MD5-HD14*
3. *Datasheet Optocoupler DST-1R4P-N-190551*
4. *Datahseet Stepper Driver MD5-HD14*
5. *Datasheet Motor Stepper A16K-M569-B*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan akan dilakukan dengan mengidentifikasi pemilihan frekuensi yang dibutuhkan motor *stepper* untuk mencapai kecepatan produksi 40.000 *socket* / 21 jam.

3.1. Identifikasi pemilihan frekuensi

Pengumpulan data dimulai dari mengumpulkan *datasheet* terkait kebutuhan atau kapasitas *input* dan *output* frekuensi pada komponen-komponen yang terhubung. Komponen terhubung tersebut antaralain PLC, *optocoupler*, *driver stepper* dan motor *stepper* itu sendiri.

1. Berdasarkan gambar 4, dapat diambil kesimpulan bahwa PLC mampu mengeluarkan frekuensi dengan range 10 – 100.000 Hz.

2. 32-bit operation (DPLSR)

Pulses are output from the output (Y) (D•) by the specified number [(S2•)+1, (S2•)] with acceleration/deceleration to the maximum frequency [(S1•)+1, (S1•)] for the time [(S3•)+1, (S3•)](ms).

Command input	FNC 59 DPLSR	(S1•)	(S2•)	(S3•)	(D•)
		Maximum frequency (Hz)	Total number of output pulses (PLS)	Acceleration/ deceleration time (ms)	Output number (Y000, Y001)

[(S1•)+1, (S1•)]: Maximum frequency (Hz)

- When special high-speed output adapters are used
Allowable setting range: 10 to 200,000 (Hz)
- When the FX3S/FX3G/FX3GC/FX3U/FX3UC PLCs main unit is used
Allowable setting range: 10 to 100,000 (Hz)

[(S2•)+1, (S2•)]: Total number of output pulses (PLS)
Allowable setting range: 1 to 2,147,483,647 (PLS)

[(S3•)+1, (S3•)]: Acceleration/deceleration time (ms)
Allowable setting range: 50 to 5000 (ms)

(D•): Pulse output number
Allowable setting range: Y000, Y001

Gambar 4. Datasheet programming MD5-HD14

2. Berdasarkan gambar 5, dapat diambil kesimpulan bahwa *Optocoupler* bisa menghantarkan frekuensi maksimal 200.000 Hz.

4 Channel 24V to 5V Optocoupler Isolation Module PLC Signal Level Voltage Conversion Board NPN Output
P/N: 190551 DST-1R4P-N

Module overview:

1. New original Taiwan optocoupler is adopted.
2. The limit conversion frequency is 20kHz.
3. It can be used for signal isolation, level conversion between single chip microcomputer, PLC, PNP, NPN signal to NPN signal, signal level voltage conversion and so on.
4. Overall dimension of module: 72 * 55 * 18mm (L * w * h), installation hole size: 64 * 47mm, hole diameter: 3mm.

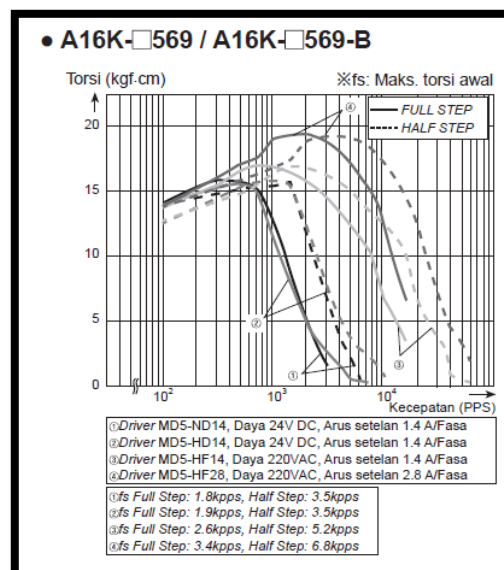
Gambar 5. Datasheet Optocoupler DST-1R4P-N-190551

3. Berdasarkan gambar 6, dapat diambil kesimpulan bahwa *input driver stepper* bisa menerima frekuensi maksimal 500.000 Hz.

Model	MD5-HD14
Power supply ^{*1}	20-35VDC
Allowable voltage fluctuation range	90 to 110% of the rated voltage
Max. current consumption ^{*2}	3A
RUN current ^{*3}	0.4-1.4A/Phase
STOP current	27 to 90% of RUN current (set by STOP current switch)
Drive method	Bipolar constant current pentagon drive
Basic step angle	0.72°/Step
Resolution	1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 20, 25, 40, 50, 80, 100, 125, 200, 250-division (0.72° to 0.00288°/Step)
Input pulse characteristic	Pulse width
	Min. 1μs (CW, CCW), Min. 1ms (HOLD OFF)
	Duty rate
	50% (CW, CCW)
	Rising/Falling time
	Below 130ns (CW, CCW)
Pulse input voltage	[H]: 4-8VDC, [L]: 0-0.5VDC
Pulse input current	7.5-14mA (CW, CCW), 10-16mA (HOLD OFF, DIVISION SELECTION, ZERO OUT)
Max. input pulse frequency ^{*4}	Max. 500kHz (CW, CCW)

Gambar 6. Datahseet Stepper Driver MD5-HD14

4. Berdasarkan gambar 7, dapat diambil kesimpulan bahwa motor *stepper* bisa dioperasikan pada *range* frekuensi 100 – 10.000 Hz dengan *driver MD5-HD14*



Gambar 7. Datasheet Motor Stepper A16K-M569-B
(Grafik Torsi terhadap Kecepatan Motor Stepper)

Tabel 1. Hasil Pengujian Frekuensi terhadap Angka Putaran Motor *Stepper*

No.	Set value	Present value		Selisih nilai terhitung dan nilai terukur
	f (Hz)	Angka putaran terhitung (RPM)	Angka putaran terukur (RPM)	
1	100	12	14	2
2	500	60	60	0
3	1000	120	120	0
4	2000	240	240	0
5	3000	360	360	0
6	3500	420	420	0
7	4000	480	480	0
8	4050	486	486,2	0,2
9	4100	492	-	-
10	4500	540	-	-

5. Berdasarkan data pada tabel 1 Maka dapat disimpulkan bahwa frekuensi pada range 500 – 4000 Hz adalah frekuensi dengan selisih nilai antara *set value* dan *present value* terendah. Sedangkan saat frekuensi sudah melebihi 4050 Hz, motor tidak berputar.
6. Berdasarkan pada perhitungan kebutuhan torsi sub sistem *feeder*, torsi yang dibutuhkan oleh sistem *feeder* adalah 11,02008 kgf.cm.
 - a. Berdasarkan pada gambar 7, nilai torsi 11,02008 kgf.cm dapat dicapai pada frekuensi di bawah 1000 Hz. Nilai torsi dipengaruhi oleh angka putaran motor yang dipilih. Maka dari itu pengujian angka putaran motor *stepper* terhadap waktu produksi sistem dilakukan dengan frekuensi pada range 500 – 1000 Hz.
 - b. Kapasitas produksi yang diminta oleh *customer* adalah 40.000 *Sockel* dalam 1 hari. Pada 1 hari terdapat 3 *shift* dengan total jam kerja 21 jam. Maka dari itu sistem otomasi produksi yang dibuat harus bisa memproduksi 40.000 *Sockel* kurang dari 21 jam.
7. Perhitungan waktu produksi
 - a. Spesifikasi Sistem
 - Spesifikasi *Pulley* Sub Sistem *Feeder*
 - Diameter *Pulley* = 48,96 mm
 - Keliling *Pulley* = 153,8742857 mm
 - Spesifikasi *Stepper* Motor
 - Step Angle* = 0,72°/step
 - Spesifikasi *Conveyor*
 - Jarak Sirip Keranjang Dekat = 147 mm
 - Jarak Sirip Keranjang Jauh = 1537,372 mm
 - Diameter *Pulley* = 90 mm
 - Keliling *Pulley* = 282,8571429 mm
 - Rasio gear = 100
 - Torsi *gear* = 200 kgf.cm
 - Angka putaran motor *gear* = 18 rpm
 - Kecepatan linier *gear*
 - = Keliling *Pulley* x Angka Putaran Motor
 - = 282,8571429 x 180

(1)

$$= 5091,428571 \text{ mm/min}$$

b. Estimasi Durasi Proses

- Estimasi Durasi Proses Valve
 - Sub sistem *feeder* untuk 4 *socket* = 5 s
 - Sub sistem *conveyor* untuk 1000 *socket* = 1 s
 - Sub sistem *shaker* untuk 1000 *socket* = 2 s
- Estimasi Durasi Proses *Shake* = 5 min = 300 s

c. Perhitungan waktu produksi pada sub sistem *feeder***Tabel 2.** Waktu Sistem *Feeder*

WAKTU SISTEM FEEDER				
PROSES	JARAK (mm)	PULSE	FREQ (Hz)	Waktu (s)
HOME - GRIP	6,5	21,12113785	1000	0,021121
GRIP - CUT 0	650,5	2113,738488	1000	2,113738
CUT 0 - CUT 1	32	103,9809863	1000	0,103981
CUT 1 - CUT 2	32	103,9809863	1000	0,103981
CUT 2 - CUT 3	32	103,9809863	1000	0,103981
CUT 3 - CUT 4	32	103,9809863	1000	0,103981
CUT 4 - MAX	150	487,4108734	1000	0,487411
MAX - HOME	935	3038,194444	1000	3,038194
TOTAL WAKTU 4 SOCKEL				6,076389

- Durasi yang dibutuhkan untuk memproduksi 4 *socket* pada sub sistem *feeder*:
 - = Proses Motor *Stepper* + Proses Valve sub sistem *feeder* (2)
 - = 6,076389 + 5
 - = 11,07638889 s
- Durasi yang dibutuhkan untuk memproduksi 1000 *socket* pada sub sistem *feeder*:
 - = Durasi 4 *socket* x 250 (3)
 - = 11,07638889 x 250
 - = 2769,097222 s

d. Perhitungan waktu produksi pada sub sistem *conveyor*

- Durasi perpindahan keranjang dekat
 - = Jarak antar keranjang dekat / Kecepatan *Linier Gear* (4)
 - = 147 / 5091,428571
 - = 0,028872054 min
 - = 1,732323232 s
- Durasi perpindahan keranjang jauh
 - = Jarak antar keranjang jauh / Kecepatan *Linier Gear* (5)
 - = 1537,372 / 5091,428571
 - = 0,301953 min
 - = 18,11717845 s
- Total durasi yang dibutuhkan untuk memproduksi 1000 *socket* pada sub sistem *conveyor*
 - = (Durasi perpindahan keranjang dekat + Proses Valve sub sistem *conveyor*) x 3 + Durasi perpindahan keranjang jauh (6)
 - = (1,732323232+1) x 3 + 18,11717845
 - = 26,31415 s

- e. Perhitungan waktu produksi pada sub sistem *shaker*
- Total durasi yang dibutuhkan untuk memproduksi 1000 *socket* pada sub sistem *shaker*
 $= \text{Estimasi Durasi Proses Ayak} + \text{Estimasi Sub sistem pengayak} \quad (7)$
 $= 300 + 2$
 $= 302 \text{ s}$
- f. Perhitungan waktu produksi 1000 *socket*
- Total durasi yang dibutuhkan untuk memproduksi 1000 *socket* 1 Lini
 $= \text{Durasi Feeder} + \text{Durasi Conveyor} + \text{Durasi Ayak} \quad (8)$
 $= 2769,097222 + 26,3115 + 302$
 $= 3097,411 \text{ s}$
 - Total durasi yang dibutuhkan untuk memproduksi 1000 *socket* 2 Lini
 $= \text{Durasi 1 Lini} / 2 \quad (9)$
 $= 3097,411 / 2$
 $= 1548,706 \text{ s}$
- g. Perhitungan waktu produksi 40.000 *socket* 2 Lini
- Total durasi yang dibutuhkan untuk memproduksi 40.000 *socket* 2 Lini
 - $= \text{Total durasi 1000 socket 2 Lini} \times 40.000 \quad (10)$
 - $= 61948,23 \text{ s}$
 - $= 17,20784 \text{ hours}$

8. Melakukan perhitungan waktu produksi dengan perubahan nilai frekuensi

3.2. Hasil Analisis

Identifikasi dan perhitungan yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa untuk mencapai angka produksi 40.000 buah perhari atau 21 jam tidak dapat menggunakan frekuensi yang di inginkan saja namun, ada angka frekuensi ideal yang akan mencapai angka produksi tersebut. Hasil perhitungan angka frekuensi yang di bandingkan dengan waktu produksi ditunjukkan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 3. Tabel frekuensi terhadap angka putaran motor dan waktu produksi

Frekuensi (Hz)	Angka putaran motor (RPM)	Waktu produksi 40.000 <i>Socket</i> (Hour)
500	60	25,64727
600	72	22,83413
700	84	20,82474
800	96	19,3177
900	108	18,14556
1000	120	17,20784

Hasil perhitungan dan analisa menunjukkan bahwa frekuensi ideal yang harus di terapkan pada *stepper* motor agar sistem dapat mencapai target kecepatan produksi adalah 700 sampai dengan 1000 Hz.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dan analisis, maka dapat disimpulkan bahwa sistem dapat memproduksi *socket* sebanyak 40.000 buah dalam waktu kurang dari atau sama dengan 21 jam dengan frekuensi ideal pada 700 sampai 1000 Hz.

DAFTAR PUSTAKA

- Setiadi, Muhamad dkk. 2020. Laporan Tugas Akhir. Pembuatan Sistem Otomasi Lini Produksi *Socket*. Surakarta
- Wicaksono, Handy. 2009. Buku *Programmable Logic Controller* Teori, Pemrograman, dan Aplikasinya dalam Otomasi Sistem. Yogyakarta
- Bolton, W. 2009. *Programmable Logic Controller Fifth Edition*. USA
- Gunardi, Yudhi. 2012. Perancangan Robot Pendorong Menggunakan Motor *Stepper* Berbasis PLC di PT.FDK Indonesia Vol. 3. Jurnal Teknologi Elektro. Universitas Mercu Buana. Jakarta
- Margunani, Winji Dwi. 2016. Makalah Motor *Stepper* di Bidang Industri. Universitas Negeri Semarang. Semarang