

Peningkatan Produksi Perekatan Lapisan Serat *Fiber* untuk Pembuatan Joran Pancing Menggunakan Mesin *Monokork Rolling*

Rahmat Suryadi dan Syafei Gozali*

Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

*Email: syafei@polibatam.ac.id

Abstrak— Pada industri manufaktur sebuah joran pancing berbahan *fiber*, proses awal yang dilakukan adalah perekatan lapisan serat *fiber* pada *mandrel*. Proses perekatan lapisan serat *fiber* ini masih dilakukan secara manual, yaitu operator yang meletakkan lapisan serat *fiber* ke *mandrel* dan merekatkannya menggunakan setrika (*iron*). Berdasarkan data produksi, hasil produksi tidak mencapai target *output* dan tingkat kecacatan produk yang terjadi sangat tinggi dikarenakan kesalahan yang dilakukan oleh operator. Hal ini memiliki dampak besar terhadap produktivitas yaitu kecacatan pada produk, rendahnya efektivitas proses produksi, dan waktu produksi yang kurang efisien. Peningkatan produktivitas dalam proses produksi dapat dilakukan dengan menggunakan mesin berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) yang dapat mengontrol aktuator seperti pneumatik dan motor *servo* secara otomatis serta menggunakan media kontrol *Human-Machine Interface* (HMI). Dari segi produktivitas, proses produksi yang dilakukan menggunakan mesin dapat mengurangi *cycle time* proses produksi sebesar 105 detik dan menurunkan jumlah cacat produk yang dihasilkan sebesar 15,76% sehingga meningkatkan *output* produksi sebesar 33%.

Kata kunci: PLC, pneumatik, produktivitas, *cycle time*, cacat produk.

I. PENDAHULUAN

PADA industri manufaktur sebuah joran pancing berbahan *fiber*, proses awal yang dilakukan adalah perekatan lapisan dari serat *fiber* pada *mandrel*. Perekatan lapisan serat *fiber* saat ini masih dilakukan manual oleh operator dengan meletakkan lapisan serat *fiber* ke *mandrel* atau *jig* batang joran dan merekatkannya menggunakan setrika (*iron*).

Berdasarkan data produksi, hasil produksi tidak mencapai target *output* dan tingkat kecacatan produk yang terjadi sangat tinggi dikarenakan kesalahan yang dilakukan oleh operator. Hal ini disebabkan oleh penekanan saat peletakan serat *fiber* pada *mandrel* yang tidak stabil dan penggunaan setrika untuk memanaskan lapisan yang kurang telaten oleh operator. Hal ini memiliki dampak besar terhadap produktivitas, yakni bertambahnya jumlah produk cacat, rendahnya efektivitas kinerja proses produksi, dan waktu proses produksi yang kurang efisien. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan sebuah

pengembangan metode kerja dengan melibatkan penggunaan mesin. Di dunia industri, penggunaan mesin memiliki banyak keuntungan, seperti efisiensi kerja yang tinggi, waktu produksi yang lebih efektif, dan kualitas produk yang lebih baik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, Penulis membuat suatu alat untuk membantu meningkatkan produksi perekatan lapisan serat *fiber* dalam pembuatan *joran* pancing yang dinamakan mesin *monokork rolling*. Mesin ini berbasis kontrol *Programmable Logic Controller* (PLC). PLC dapat bekerja secara otomatis berdasarkan pada program yang dibuat, sehingga penggunaannya dapat membantu mencapai kinerja mesin terbaik. PLC dengan segala fasilitas di dalamnya mampu menggantikan peran manusia dalam mengoperasikan kendali dengan sistem otomatis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

PLC menurut *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA) merupakan perangkat elektronik yang bekerja secara *digital* yang menggunakan *programmable memory* untuk penyimpanan instruksi internal guna menerapkan fungsi-fungsi khusus seperti *logic*, *sequencing*, pengukuran waktu dan perhitungan dasar aritmatik untuk mengontrol modul-modul *input/output* secara analog atau *digital* serta berbagai jenis mesin atau proses tertentu [1].

PLC dapat menciptakan ruang kontrol secara *real time* dimana semua informasi tersimpan. Keuntungan dalam menggunakan PLC sebagai sistem kontrol untuk sebuah mesin adalah ketelitian dalam pembacaan program, kecepatan data *transfer*, dan kemudahan dalam pemakaiannya. Menurut W. Bolton (2004), PLC dapat memantau sinyal masukan maupun sinyal keluaran sesuai dengan instruksi di dalam program dan melaksanakan aturan kontrol yang telah diprogram [2].

Motor *servo* adalah sebuah perangkat atau aktuator putar yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik *loop* tertutup (*closed-loop feedback*) sehingga dapat diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari *output* poros motor. Sistem kontrol *closed-loop feedback* pada motor *servo* berguna untuk mengontrol putaran motor dan posisi akhir.

Controller motor *servo* adalah sebuah perangkat yang

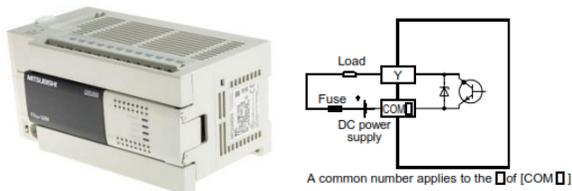
digunakan sebagai *driver* dari sebuah motor *servo*, yang berfungsi untuk pengontrolan posisi, pengontrolan kecepatan dan pengontrolan *mode* torsi pada motor *servo*. *Controller* ini dapat dikonfigurasi dengan alat kontrol lain, seperti PLC dan mikrokontroler. Komunikasi antara *controller* dan kontrol lain dapat dilakukan melalui *port* USB, serial atau RS-422. *Personal Computer* (PC) juga dapat dikonfigurasi untuk mengatur parameter, monitoring status, dan melakukan *adjustment*.

Pneumatik adalah sistem penggerak yang bekerja memanfaatkan udara bertekanan sebagai tenaga penggerak. Prinsip kerjanya adalah udara bertekanan disalurkan kedalam tabung *cylinder* yang kemudian mendorong *piston* mekanikal yang ada didalam tabung *cylinder* dan mengubah tekanan udara menjadi tenaga mekanik.

III. METODE

A. Programmable Logic Controller

Pada penelitian ini, PLC yang digunakan adalah FX3U-32MT/ES dan *software* yang digunakan untuk *programming* adalah GX-Works2 khusus untuk PLC dengan merk Mitsubishi (lihat Gambar 1 dan Gambar 2).



Gambar 1. PLC FX3U-32MT/ES dengan *common output* transistor [3]



Gambar 2. *Software* program GX-Works2

B. Motor Servo

Jenis motor *servo* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah HF-KP23 buatan Mitsubishi yang merupakan *servo rotation continuous*. Motor *servo rotation continuous* adalah tipe *servo* yang perputaran porosnya tanpa batas, yakni mampu berputar 360° secara *clockwise* (CW) atau *counter clockwise* (CCW). Gambar 3 dan Tabel I menjelaskan tentang HF-KP23 [4].



Gambar 3. Mitsubishi *Servo* motor HF-KP23

TABEL I
SPESIFIKASI HF-KP23

Parameter	Nilai
<i>Model</i>	HF-KP23
<i>Input</i>	3AC/111V/1.4 A
<i>Weight</i>	0.94 kg
<i>Rated speed</i>	3000 r/min

C. Controller Motor Servo

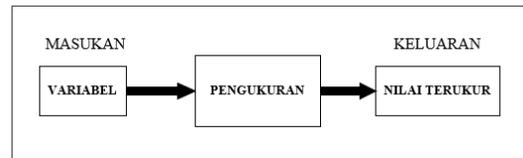
Controller motor *servo* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Melservo MR-J3 20A buatan Mitsubishi [5] (lihat Gambar 4):



Gambar 4. Melservo MR-J3 20A

D. Sensor

Sistem sensor yang diimplementasikan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5 [6].



Gambar 5. Diagram blok sistem pada sensor [6]

TABEL II
PRINSIP KERJA UNIT PNEUMATIK

Nama Unit Pneumatik	Simbol	Prinsip kerja
<i>Air Supply Unit</i>		Udara masuk ke dalam katup IN dan diatur tekanan udaranya. Kemudian udara yang tekanannya telah diatur tersebut disalurkan melalui katup OUT.
<i>Solenoid valve</i>		Udara bertekanan disalurkan ke dalam ruang di dalam <i>valve</i> , kemudian disalurkan ke dalam tabung <i>cylinder</i> (tergantung pada kontrol yang dilakukan oleh PLC). Ketika <i>solenoid</i> ON, ruang berganti dan udara bertekanan disalurkan menuju tabung <i>cylinder</i> .
<i>Double acting air cylinder</i>		Saat salah satu sisi tabung <i>cylinder</i> berisi tekanan, maka sisi lain akan terdorong menyempit dan membuang udara sehingga posisi <i>rod cylinder</i> berubah.

E. Pneumatik

Komponen pneumatik yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas 3 unit: *Air Supply Unit (ASU)*, *solenoid valve*, dan *double acting cylinder* seperti dijelaskan dalam Tabel II.

F. Human Machine Interface

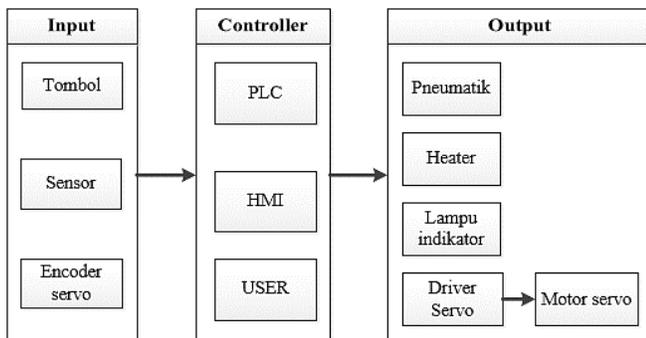
Human Machine Interface (HMI) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan mesin (lihat Gambar. 6). HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status, baik secara manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat *real time*. HMI biasanya bekerja secara *online* dan *real time* dengan membaca data yang dikirimkan melalui *I/O port* yang digunakan oleh *system controller*-nya. *Port* yang biasanya digunakan untuk *controller* dan akan dibaca oleh HMI antara lain adalah *COM port*, *port USB*, dan *port RS232*.

HMI memiliki fungsi sebagai berikut:

- Memberikan informasi yang terbaru kepada operator melalui *graphical user interface*
- Menerjemahkan instruksi operator ke mesin
- Memonitor keadaan *plant*
- Mengatur nilai pada parameter yang ada di *plant*
- Mengambil tindakan yang sesuai dengan keadaan yang terjadi
- Memunculkan tanda peringatan dengan menggunakan *alarm* jika terjadi sesuatu yang tidak normal



Gambar 6. Tampilan Software Program HMI



Gambar 7. Diagram blok dari sistem kontrol

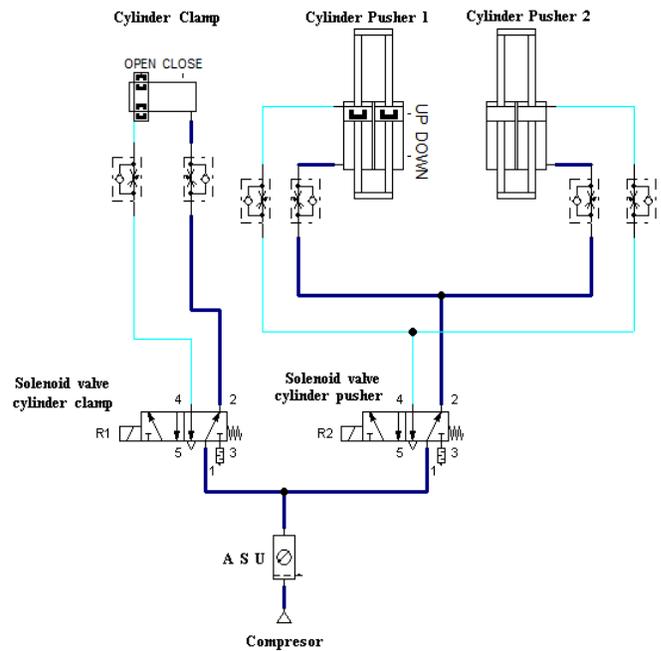
G. Sistem Kontrol

Sistem kontrol merupakan suatu bentuk kendali yang terdiri atas *input* maupun *output* yang diterima oleh kendali utama untuk diproses sebagai gerakan atau indikator. Proses

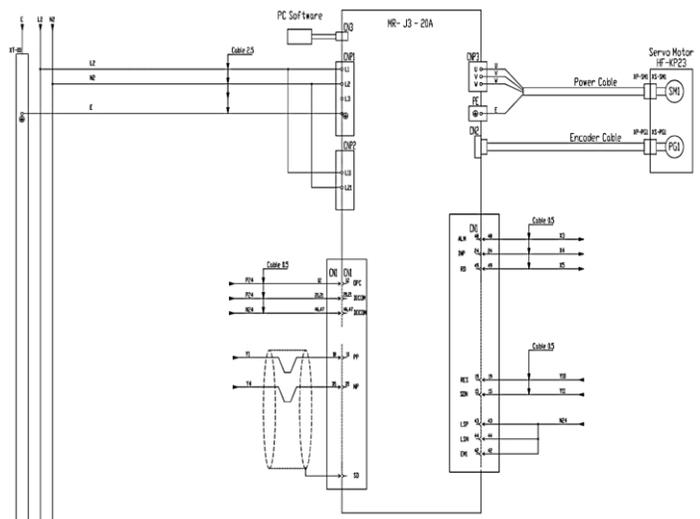
pengendalian *input* atau *output* ini dilakukan oleh *controller* yang dipakai. Di dalam penelitian ini, PLC digunakan sebagai *controller* yang digunakan untuk memantau *device input*, seperti tombol, sensor, dan *encoder*. PLC kemudian akan melakukan eksekusi program dengan kontrol *output* yang digunakan seperti pneumatik, *heater*, lampu indikator, dan *driver servo* yang akan mengontrol motor *servo*. Gambar 7 merupakan diagram blok dari sistem kontrol yang dibuat.

H. Rangkaian dan Pemrograman

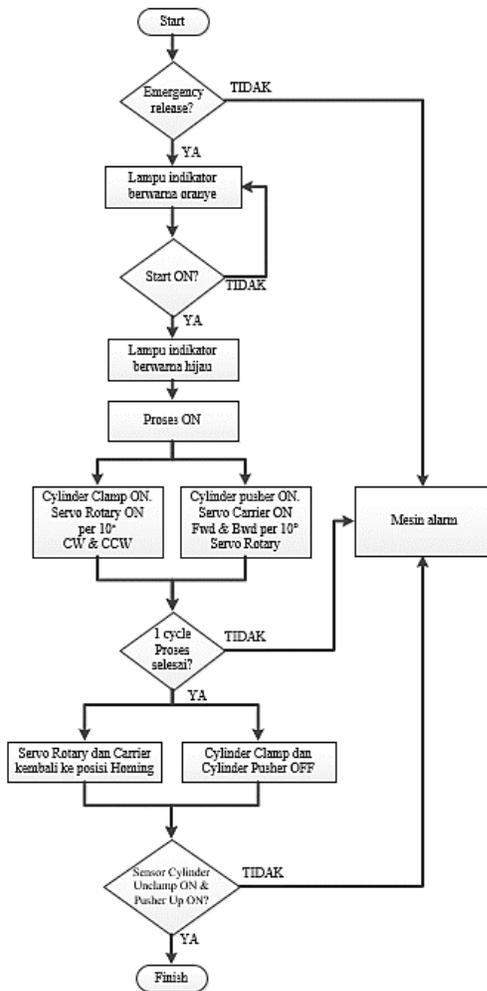
Rangkaian pneumatik dan elektrik pada penelitian ini digambarkan dalam Gambar 8 dan Gambar 9. Sedangkan flowchart pemrograman PLC dan HMI dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.



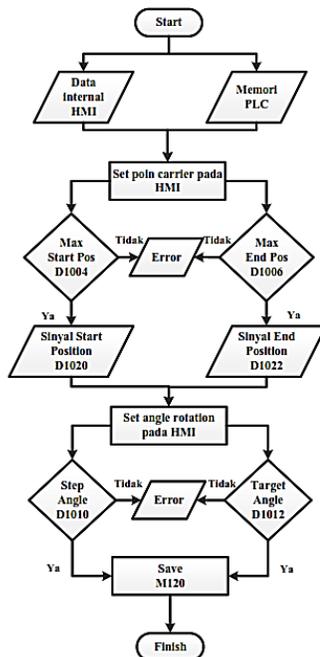
Gambar 8. Rangkaian pneumatik



Gambar 9. Rangkaian elektrik berupa skematik dari motor servo controller



Gambar 10. Flowchart pemrograman PLC



Gambar 11. Flowchart pemrograman HMI

I. Pengujian

Untuk menguji hasil rancangan, dilakukan pengujian dengan melakukan tahap-tahap sebagai berikut:

- Pengambilan data *cycle time* proses produksi sebelum menggunakan mesin otomatis (t_{manual}) dan setelah menggunakan mesin (t_{auto}) dengan *sampling* 30 pcs produk. Pengurangan *cycle time* ($\Delta time$) dihitung menggunakan (1).

$$\Delta time = t_{manual} - t_{auto} \tag{1}$$

- Pengambilan data *output* produksi sebelum menggunakan mesin pada bulan November 2018 ($Output_{manual}$) dan *output* produksi setelah menggunakan mesin pada bulan Desember 2018 ($Output_{auto}$). Persentase peningkatan *output* produksi ($\Delta Output_{\%}$) dihitung menggunakan (2):

$$\Delta Output_{\%} = \frac{Output_{auto} - Output_{manual}}{Output_{manual}} \times 100\% \tag{2}$$

- Pengukuran dimensi produk dengan melakukan pengukuran *sampling* sebanyak 30 pcs setelah menggunakan mesin dalam proses produksi. Dimensi produk yang diukur adalah *top inside diameter* (ukuran diameter dalam pada ujung produk), *length step centerless from top* (panjang produk dari pangkal hingga ke titik tengah produk), dan *diameter straight centerless from Top ØA* (ukuran diameter luar dari pangkal hingga ke tengah produk). Pengukuran dimensi ini dilakukan dengan instrumen alat penggaris milimeter dan *vernier caliper*. Ketiga dimensi pengukuran ini memiliki spesifikasi nilai minimum, nilai nominal, dan nilai maximum. *Output* dari proses produksi harus masuk spesifikasi instrumen pengukuran yang telah ditentukan oleh bagian *Quality Control* (QC) sebagaimana dijelaskan dalam Tabel III.

TABEL III

NILAI MINIMUM, NILAI NOMINAL DAN NILAI MAXIMUM DIMENSI

Dimensi	Minimum	Nominal	Maksimum
<i>Top inside diameter</i> (mm)	7,35	7,4	7,45
<i>Length step centerless from top</i> (mm)	112,5	113	113,5
<i>Diameter straight centerless from Top ØA</i> (mm)	9,15	9,2	9,25

Hasil pengukuran ini dievaluasi menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) seperti pada (3), di mana N adalah jumlah data ($N=30$), $meas_{actual}$ adalah hasil pengukuran aktual, dan $meas_{nom}$ adalah nilai nominal.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (meas_{actual} - meas_{nom})^2} \tag{3}$$

- Pengambilan data cacat produk (*defect*) yang dilakukan sebelum dan setelah menggunakan mesin otomatis. *Defect* atau cacat produk dinilai dari segi *appearance* dengan 4

jenis *defect*, yaitu *lump dented*, *overlap*, *wrinkle*, dan *stains resin and dust*. *Lump dented* adalah kondisi lapisan serat yang bergumpal dan peot. *Overlap* adalah lapisan yang tumpang tindih terhadap lapisan lain dan menyebabkan lapisan terkelupas. *Wrinkle* adalah terjadinya kerutan pada lapisan serat yang disebabkan oleh proses penekanan yang kurang merata. *Stains resin and dust* adalah terdapat sisa *resin* ataupun debu yang tertumpuk di lapisan sehingga lapisan tidak sepenuhnya merekat di *mandrel*. Pengecekan *defect* ini dilakukan dengan bantuan alat kaca pembesar atau (*loop glass*). Penurunan persentase *defect* ($\Delta\%defect$) dihitung dengan menggunakan (4), di mana $\%defect_{manual}$ adalah persentase defect sebelum menggunakan mesin otomatis, sedangkan $\%defect_{auto}$ setelah menggunakan mesin otomatis.

$$\Delta\%defect = \%defect_{manual} - \%defect_{auto} \quad (4)$$

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Waktu dan Output Produksi

Pada proses manual, proses pertama yang dilakukan adalah *setup* material dan *mandrel* yang membutuhkan waktu sekitar 60 detik. Setelah *setup* selesai, proses dilanjutkan dengan meletakkan lapisan pertama serat *fiber* pada *mandrel* dan menekan lapisan tersebut dengan setrika (*iron*) untuk menguatkan rekatan. Fungsi setrika disini adalah memanaskan dan membantu dalam penekanan lapisan serat *fiber*. Kemudian, lapisan kedua serat *fiber* diletakkan di atas lapisan pertama. Proses seperti ini dilakukan sehingga 7 lapisan terekatkan pada *mandrel*, sesuai ketentuan dari *working instruction* yang ada. Untuk melihat data *Cycletime* yang dibutuhkan saat proses manual dan saat menggunakan mesin dapat dilihat pada Tabel IV:

TABEL IV
PERBANDINGAN CYCLE TIME PADA PROSES MANUAL DAN AUTO

Proses	Manual		Mesin (auto)	
	Durasi (s)	Ket	Durasi (s)	Ket
Setup	60	Operator	60	Operator
Lapisan-1	45	Operator	30	Mesin
Lapisan-2	45	Operator	30	Mesin
Lapisan-3	45	Operator	30	Mesin
Lapisan-4	45	Operator	30	Mesin
Lapisan-5	45	Operator	30	Mesin
Lapisan-6	45	Operator	30	Mesin
Lapisan-7	45	Operator	30	Mesin
Total durasi (s)	375		270	
$\Delta time$ (s)	105			

Pada proses manual, waktu yang dibutuhkan untuk 1 lapisan adalah 45 detik dan total waktu untuk 1 produk jadi dengan 7 lapisan serat *fiber* ditambah proses *setup* awal adalah 375 detik. Setelah proses beroperasi menggunakan mesin (*auto*), waktu yang dibutuhkan untuk 1 lapisan adalah 30 detik dan total waktu untuk 1 produk dengan 7 lapisan ditambah proses *setup* adalah 270 detik. Berdasarkan Tabel IV, *cycle time* proses berkurang dari 375 detik menjadi 270 detik ($\Delta time = 105$ detik) dalam 1 kali proses.

Dari segi jumlah *output*, proses produksi menggunakan mesin (*auto*) juga meningkatkan produksi sebesar 1.514 *pcs*

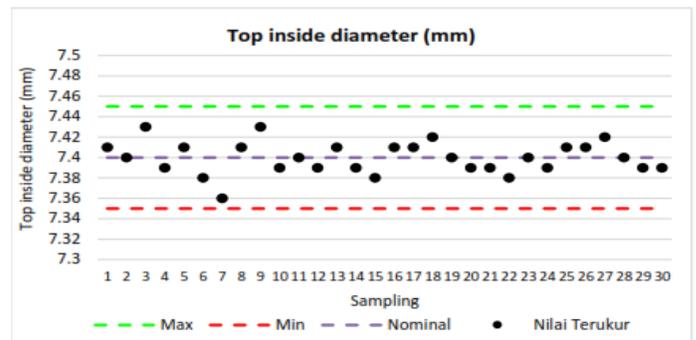
(33%) seperti dijelaskan pada Tabel V. Pada November 2018, *output* yang dihasilkan dengan menggunakan proses manual adalah 4.646 *pcs*. Pada bulan Desember 2018, proses auto meningkatkan *output* menjadi 6.160 *pcs*.

TABEL V
PERBANDINGAN DATA OUTPUT PRODUKSI PADA PROSES MANUAL DAN AUTO

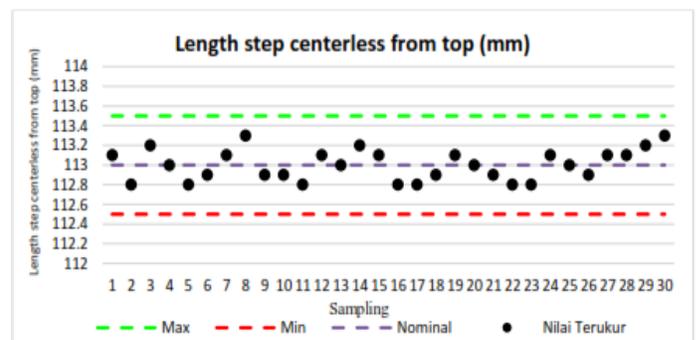
Bulan	Metode	Output (pcs)	$\Delta Output$ (pcs)	$\Delta Output_{\%}$
November 2018	Manual	4.646	1.514	33%
Desember 2018	Auto	6.160		

B. Dimensi Lapisan Fiber

Salah satu parameter terpenting dalam keberhasilan penelitian ini adalah ukuran lapisan serat *fiber* yang sudah direkatkan menggunakan mesin. Pengambilan data (30 sampel) dilakukan selagi produksi sedang berlangsung untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan secara berkelanjutan tetap konsisten. Sampel diambil dari hasil produksi di bulan Desember 2018. Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14 menampilkan data hasil pengukuran untuk 3 dimensi produk: *top inside diameter*, *length step centerless from top*, dan *diameter straight centerless from Top ØA*.



Gambar 12. Grafik pengukuran *Top inside diameter*

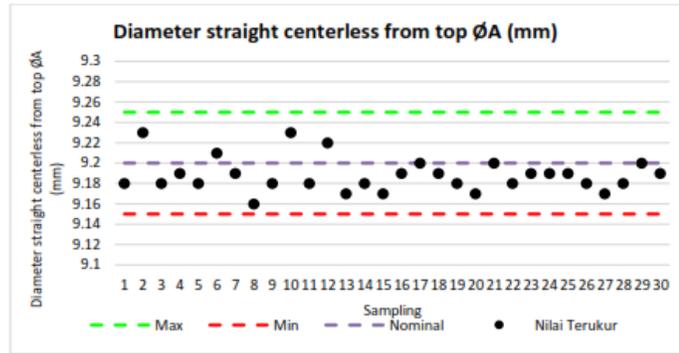


Gambar 13. Grafik pengukuran *Length step centerless from top*

Gambar 12 menampilkan hasil pengukuran *top inside diameter*, di mana ini merupakan ukuran diameter dalam pada bagian ujung produk. Nilai pengukuran tertingginya senilai 7,43 mm, sedangkan nilai terendahnya 7,36 mm. RMSE yang diperoleh adalah 0,015 mm. Gambar 14 menyajikan hasil pengukuran *length step centerless from top*, di mana dimensi ini terletak pada panjang produk dari pangkal hingga ke titik tengah produk. Dari data pengukuran, nilai tertinggi untuk

dimensi ini adalah 113,3 mm dan terendahnya 112,8 mm. RMSE yang dicapai adalah 0,155mm. Gambar 15 menampilkan hasil pengukuran *diameter straight centerless from top ØA* yang merupakan ukuran diameter luar dari pangkal hingga ke tengah produk. Dari hasil pengukuran, didapatkan nilai tertingginya sebesar 9,23 mm dan nilai terendahnya sebesar 9,16 mm. RMSE yang dicapai adalah 0,020 mm. Berdasarkan hasil-hasil pengukuran yang diperoleh tersebut, dapat disimpulkan bahwa produk yang dihasilkan masuk dalam spesifikasi yang ditentukan.

yang memenuhi spesifikasi, yakni 0,015 mm (untuk *top inside diameter*), 0,155 mm (untuk *length step centerless from top*), dan 0,020 mm (untuk *diameter straight centerless from top ØA*). Penggunaan mesin ini telah menurunkan persentase *defect overlap* dari 4,58% menjadi 1,25%, *defect stains dust and resin* dari 2,11% menjadi 0.63%, *defect lump dented* dari 8,80% menjadi 1,31%, dan *defect wrinkle* dari 4,05% menjadi 0,58%.



Gambar 14. Grafik pengukuran *Diameter straight centerless from top ØA*

REFERENSI

- [1] NEMA, *Programmable Controllers (PLC), Part 8: Guidelines for the Application and Implementation of Programming Languages*. Rosslyn: National Electrical Manufacturers Association, 2005.
- [2] W. Bolton, *Programmable Logic Controller (PLC) Sebuah Pengantar Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga, 2004.
- [3] Mitsubishi, *FX3U Series Programmable Controllers: Hardware Manual*. Tokyo: Mitsubishi Electric Corporation, 2011.
- [4] Mitsubishi, *Servo Motor Instruction Manual (Vol.2)*. Tokyo: Mitsubishi Electric Corporation, 2003.
- [5] Mitsubishi, *MR-J3-A Servo Amplifier Instruction Manual*. Tokyo, 2014.
- [6] R. Syam, *Dasar Dasar Teknik Sensor*. Makassar: Universitas Hasanuddin, 2013.

C. Defect Produk

Defect sangat penting untuk diperhitungkan karena proses produksi dikatakan gagal bila sejumlah produk yang dihasilkan ada yang cacat (*defect*). *Defect* yang terdeteksi bisa berupa cacat dimensi produk atau cacat *appearance* produk. Cacat dimensi produk dapat dilihat dari hasil pengukuran yang dilakukan oleh QC, yaitu ketika hasil pengukuran berada di luar spesifikasi nilai yang ditetapkan. Sedangkan cacat *appearance* dinilai pada tampilan produk secara visual. Pengambilan data *defect* pada proses manual dilakukan pada bulan November 2018, sedangkan pengambilan data *defect* setelah pemakaian mesin (*auto*) dilakukan pada bulan Desember 2018.

Hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel VI. Produksi perekatan lapisan serat *fiber* yang dilakukan dengan metode manual memiliki *defect* yang tinggi dan lebih dominan pada cacat *appearance* produk. Setelah menggunakan mesin (*auto*), angka *defect* produk mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini memberikan dampak yang besar terhadap jumlah *output* dan kualitas produksi.

TABEL VI
PERBANDINGAN DEFECT PADA PROSES MANUAL DAN AUTO

Defect factor	Defect (Manual)		Defect (Auto)		Δ%defect
	Jml	% output	Jml	% output	
Overlap	213	4,58%	77	1,25%	3,33%
Stain dust and resin	98	2,11%	39	0,63%	1,48%
Lump dented	409	8,80%	81	1,31%	7,49%
Wrinkle	188	4,05%	36	0,58%	3,46%

V. KESIMPULAN

Penggunaan mesin *monokork rolling* dalam proses produksi perekatan lapisan serat fiber berhasil mengurangi *cycle time* proses produksi sebesar 105 detik. Produksi yang dicapai meningkat sebesar 33%, Kinerja mesin yang diukur dari batasan dimensi produk yang dihasilkan memiliki nilai RMSE