



Proses Produksi Mesin *Jig Seat Assy X Covering* di PT Habibi Maulana Teknik

Firman Maulana ^{1,*}, Rizal Hanifi ¹, Ujiburrahman ¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

Kata kunci

Mesin Jig
Sistem Pneumatik
PLC Mitsubishi
Otomasi Industri
Panel Kontrol

ABSTRAK

Perkembangan teknologi otomasi di sektor industri manufaktur terus meningkat seiring dengan tuntutan efisiensi dan kualitas produk. Penelitian ini membahas proses produksi mesin jig seat assy x covering di PT Habibi Maulana Teknik yang mengintegrasikan sistem mekanik, pneumatik, dan kontrol berbasis *programmable logic controller* (PLC) Mitsubishi FX5U. Mesin jig berfungsi sebagai alat bantu positioning dan *clamping* komponen seat dalam industri otomotif. Sistem kontrol menggunakan PLC untuk mengatur urutan kerja secara otomatis berdasarkan masukan sensor *limit switch* dan *proximity sensor*. Panel kontrol yang dirancang memuat komponen MCB, relay, circuit protector, dan terminal block. Hasil analisis menunjukkan bahwa integrasi sistem otomasi pada mesin jig mampu meningkatkan akurasi, konsistensi kualitas, dan efisiensi waktu produksi serta mengurangi *human error* dibandingkan dengan sistem manual. Secara keseluruhan, integrasi subsistem mekanik, pneumatik, dan kontrol mendukung operasi mesin yang terarah, stabil, dan berulang.

* **Corresponding author:**

Firman Maulana (email: firmaulana1308@gmail.com)

Diterima: 26 Mei 2026

Disetujui: 2 Juli 2026

Dipublikasikan: 12 September 2026

1 Pendahuluan

Proses produksi *seat assembly* pada industri manufaktur otomotif menuntut presisi tinggi dalam operasi *clamping* dan konsistensi posisi komponen. Oleh karena itu, penerapan sistem pneumatik yang terintegrasi dengan *programmable logic controller* (PLC) menjadi solusi penting untuk menjamin keandalan dan efisiensi mesin jig seat assy x covering. Industri otomotif membutuhkan sistem produksi yang presisi, stabil, dan terintegrasi agar mampu menghasilkan produk berkualitas tinggi dalam jumlah besar. Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam proses produksi komponen otomotif adalah mesin jig dan *fixture*, termasuk pada proses *seat assembly* dan *covering* yang memerlukan ketelitian posisi, konsistensi tekanan, serta sistem kontrol yang akurat [1].

Proses mesin jig seat assy x covering merupakan bagian penting dalam lini produksi yang berfungsi sebagai alat bantu penopang, pengarah, dan pengunci komponen seat selama proses perakitan dan *covering* berlangsung. Penggunaan jig yang terintegrasi dengan sistem otomasi berpotensi meningkatkan akurasi penempatan komponen, mempercepat waktu siklus produksi, serta mengurangi variabilitas eksekusi yang umumnya menjadi sumber kesalahan pada sistem pemasangan manual. Dalam konteks penelitian ini, klaim tersebut tidak diverifikasi melalui data pembandingan sebelum dan sesudah implementasi, melainkan dianalisis secara konseptual berdasarkan prinsip kerja sistem *locating*, *clamping* pneumatik, dan *sequence control* PLC yang terintegrasi pada mesin jig seat assy x covering [2]. Oleh karena itu, sistem otomasi berbasis panel kontrol, PLC, sensor, dan *wiring* menjadi komponen utama dalam mendukung kinerja mesin jig seat assy x covering di lingkungan industri.

PT Habibi Maulana Teknik merupakan perusahaan yang bergerak di bidang automation system, panel builder, electrical engineering, integrated program system, robot integration, dan fabrication. Kajian ini menganalisis integrasi sistem mekanik-pneumatik dan pemrograman panel kontrol pada mesin jig seat assy x covering sebagai upaya memahami alur kerja otomasi dalam proses perakitan seat secara menyeluruh. Panel kontrol yang dirancang berfungsi sebagai pusat kendali mesin yang berisi komponen seperti PLC Mitsubishi, MCB, circuit protector, relay, terminal block, serta berbagai jenis kabel industri.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis proses produksi mesin jig seat assy x covering secara menyeluruh, mencakup konstruksi mekanik, mekanisme *locating*, dan titik-titik *clamping*; (2) mendeskripsikan integrasi sistem mekanik, pneumatik, dan kontrol berbasis PLC Mitsubishi FX5U 32M dalam satu siklus operasi mesin; (3) mengevaluasi kemampuan gaya tekan silinder pneumatik terhadap kebutuhan penjepitan *seat frame* berdasarkan perhitungan teoretis; serta (4) memverifikasi kelayakan struktural rangka mesin melalui simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) dengan membandingkan

tegangan maksimum terhadap *yield strength* material. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi sebagai dokumentasi teknis dan analisis sistem pada mesin jig seat assy x *covering*, khususnya dalam aspek integrasi subsistem mekanik, pneumatik, dan kontrol berbasis PLC. Hasil analisis—meliputi perhitungan gaya *clamping* pneumatik, verifikasi struktural melalui simulasi FEA, dan pemetaan logika *sequence control*—diharapkan dapat menjadi referensi teknis bagi perancangan, evaluasi, maupun pengembangan mesin jig sejenis dalam konteks produksi seat otomotif [3].

2 Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 4 minggu, dari 10 Desember 2025 hingga 10 Januari 2026, bertempat di PT Habibi Maulana Teknik, Jl. Raya Cikarang–Cibarusah, Perum Mega Regency Blok L2 No. 31 dan 32, Kabupaten Bekasi. Penelitian ini menggunakan metode observasi lapangan dan pengumpulan data teknis terstruktur yang dikelompokkan dalam empat kategori: (1) data mekanik, meliputi konstruksi rangka, dimensi struktur, mekanisme *locating*, posisi *stopper*, dan titik-titik *clamping* pada mesin jig; (2) data pneumatik, mencakup spesifikasi silinder pneumatik—termasuk diameter piston dan tekanan kerja 0,6 MPa—konfigurasi *solenoid valve*, dan rangkaian distribusi udara bertekanan; (3) data kontrol, meliputi spesifikasi PLC Mitsubishi FX5U 32M, tabel alamat *input-output*, logika *ladder diagram*, urutan kerja sensor-aktuator, serta parameter *sequence control*; dan (4) data *wiring* dan panel, mencakup komponen panel kontrol—MCB, relay, dan perangkat proteksi—beserta skema pengawatan sistem. Data tersebut selanjutnya menjadi dasar perhitungan gaya tekan pneumatik secara teoretis dan simulasi FEA untuk verifikasi kelayakan struktural rangka mesin.

Tahapan penelitian meliputi: (1) identifikasi sistem mesin jig seat assy x *covering* secara menyeluruh; (2) pencatatan dan dokumentasi spesifikasi komponen mekanik, pneumatik, dan kontrol; (3) pemetaan alur kerja integrasi sistem mekanik-pneumatik-PLC; (4) perhitungan gaya tekan pneumatik terhadap kebutuhan *clamping* seat; (5) interpretasi hasil analisis terhadap parameter operasional dan keandalan sistem; serta (6) penyusunan rekomendasi teknis berbasis temuan lapangan. Instrumen penelitian yang digunakan meliputi PLC Mitsubishi FX5U 32M, panel kontrol, silinder pneumatik, *limit switch*, *proximity sensor*, MCB, relay, dan perangkat *wiring* industri.

Data dikumpulkan melalui tiga metode yang saling melengkapi: (1) pengamatan langsung terhadap kondisi fisik mesin, mekanisme kerja komponen, dan alur operasi selama siklus produksi berlangsung; (2) dokumentasi teknis, mencakup pencatatan spesifikasi komponen, skema pneumatik, diagram pengawatan, dan parameter operasional mesin; serta (3) wawancara terstruktur dengan pembimbing lapangan untuk mengonfirmasi fungsi komponen, urutan kerja mesin, kendala teknis selama perakitan, dan kebutuhan operasional mesin jig seat assy x *covering* yang tidak terdokumentasi secara formal. Ketiga metode tersebut digunakan secara komplementer untuk memastikan kelengkapan dan keakuratan data sebelum tahap analisis dilakukan.

Analisis dilakukan secara deskriptif-teknis melalui empat tahap sistematis: (1) analisis sistem mekanik, yaitu mendeskripsikan konstruksi rangka, mekanisme jig, dan titik-titik *clamping* pada mesin; (2) analisis sistem pneumatik, mencakup identifikasi komponen aktuator, perhitungan gaya tekan silinder berdasarkan tekanan kerja dan diameter piston, serta penilaian kecukupan gaya terhadap kebutuhan *clamping* seat; (3) analisis sistem kontrol PLC, meliputi pemetaan *sequence control*, pembacaan *ladder diagram*, dan verifikasi logika *input-output* pada PLC Mitsubishi FX5U 32M; serta (4) analisis integrasi sistem, yaitu mengevaluasi keterpaduan kerja antara subsistem mekanik, pneumatik, dan kontrol dalam satu siklus operasi mesin secara keseluruhan.

2.1 Mesin Jig

Objek penelitian ini adalah mesin jig seat assy x *covering* di PT Habibi Maulana Teknik, yang berfungsi sebagai alat bantu produksi untuk menahan, memosisikan, dan mengunci komponen seat selama proses *assembly* dan *covering* berlangsung. Mesin ini terdiri atas empat subsistem utama yang menjadi fokus analisis: (1) subsistem mekanik, mencakup rangka utama, mekanisme *locating*, *stopper*, dan titik-titik *clamping*; (2) subsistem pneumatik, meliputi silinder pneumatik, *solenoid valve*, dan sistem distribusi udara bertekanan pada tekanan kerja 0,6 MPa; (3) subsistem kontrol, terdiri atas PLC Mitsubishi FX5U 32M, panel kontrol, *limit switch*, dan *proximity sensor*; serta (4) subsistem *wiring*, mencakup MCB, relay, dan skema pengawatan industri. Parameter teknis yang dianalisis meliputi gaya tekan pneumatik, logika *sequence control*, dan kelayakan struktural rangka melalui simulasi FEA. Penggunaan mesin jig sangat penting dalam dunia industri karena dapat meningkatkan efisiensi kerja, mengurangi kesalahan operator, serta menjaga kualitas hasil produksi agar seragam. Selain itu, mesin jig membantu mempercepat proses produksi karena posisi benda kerja telah ditentukan secara tetap sehingga operator tidak perlu melakukan pengukuran atau penyetelan berulang.



Gambar 1. Mesin jig.

Tabel 1. Daftar komponen pada mesin.

No	Bagian mesin jig	Komponen utama	Fungsi
1	Struktur rangka	Besi hollow, baja, profil aluminium	Menopang dan menjaga kestabilan mesin
2	Jig dan <i>fixture</i>	Clamp, <i>locator</i> ,udukan produk	Menempatkan dan mengunci benda kerja
3	Sistem pneumatik	Silinder, <i>solenoid valve</i> , regulator, selang	Menggerakkan sistem penjepit otomatis
4	Sistem elektrik/panel kontrol	PLC, MCB, relay, terminal block	Mengontrol kerja mesin secara otomatis
5	Sistem sensor	Proximity sensor, <i>limit switch</i> , <i>reed switch</i>	Mendeteksi posisi dan kondisi sistem
6	Sistem <i>wiring</i>	Kabel daya, kabel kontrol, <i>duct</i> kabel	Menghubungkan seluruh komponen kontrol
7	Sistem kontrol program	Program PLC	Mengatur urutan kerja mesin
8	Sistem keselamatan	Emergency stop, fuse, <i>safety interlock</i>	Melindungi operator dan mesin
9	<i>Human Machine Interface</i> (HMI)	Touchscreen, <i>display</i> indikator	Pemantauan dan pengaturan mesin

2.2 Gaya pada Seat

Pada proses kerja mesin, gaya tekan pneumatik menghasilkan distribusi beban pada beberapa titik kontak penjepit. Apabila tegangan yang terjadi melebihi batas kekuatan material, kondisi tersebut dapat menyebabkan perubahan bentuk (*deformation*), retak, hingga kegagalan struktur. Oleh karena itu, analisis tegangan digunakan sebagai dasar evaluasi keamanan dan kelayakan desain jig.

Material *seat frame* yang digunakan adalah baja karbon rendah (*mild steel*) dengan nilai *yield strength* sebesar 250 MPa. Nilai ini menjadi acuan batas keamanan struktur. Desain dinyatakan aman apabila tegangan maksimum yang bekerja pada struktur—baik hasil perhitungan analitis maupun simulasi FEA—berada di bawah nilai *yield strength* tersebut. Perbandingan antara tegangan kerja dan *yield strength* selanjutnya digunakan untuk menghitung *factor of safety* (FoS) sebagai indikator kuantitatif kelayakan desain.

Analisis tegangan pada penelitian ini dilakukan melalui dua pendekatan yang saling melengkapi: (1) perhitungan gaya tekan pneumatik secara analitis menggunakan persamaan $F = P \times A$ berdasarkan tekanan kerja 0,6 MPa dan luas penampang piston; serta (2) evaluasi tegangan struktural melalui simulasi FEA, dengan tegangan maksimum sebesar 32,6 MPa dibandingkan dengan *yield strength* material *mild steel* sebesar 250 MPa sebagai kriteria kelayakan desain.

Rumus:

$$F = P \times A \quad (1)$$

$$FoS = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_{maks}} \quad (2)$$

3 Hasil dan Pembahasan

Mesin jig seat assy x covering yang diamati di PT Habibi Maulana Teknik merupakan alat bantu produksi yang mengintegrasikan sistem mekanik, pneumatik, dan kontrol berbasis PLC. Mesin tersebut dirancang untuk memastikan posisi dan kestabilan komponen seat selama proses *assembly* dan *covering* melalui fungsi komponen yang saling terintegrasi: *locator* menjaga akurasi posisi komponen terhadap referensi geometri, *stopper* membatasi pergeseran lateral, silinder pneumatik menghasilkan gaya tekan yang terukur pada titik-titik *clamping*, serta PLC Mitsubishi FX5U 32M mengatur urutan kerja (*sequence control*) secara otomatis dan berulang dengan konsistensi tinggi. Keterpaduan fungsi keempat subsistem inilah yang menjadi dasar teknis terjaganya kualitas produk secara konsisten.

3.1 Sistem Mekanik: Jig dan Fixture

Jig dan *fixture* merupakan elemen penting dalam sistem produksi manufaktur yang berfungsi untuk memosisikan, menopang, dan menjaga kestabilan benda kerja selama proses berlangsung [4]. Pada mesin ini, jig dirancang mengikuti bentuk dan dimensi komponen seat dengan mengintegrasikan komponen *locating*, *stopper*, *support*, dan *clamp* yang bekerja secara sinergis. Keberadaan *locator* sebagai referensi posisi geometri, *stopper* sebagai pembatas pergeseran lateral, dan *support* sebagai penumpu beban vertikal secara teknis memberikan landasan bagi konsistensi penempatan komponen pada setiap siklus operasi. Dengan demikian, jig ini dirancang untuk mendukung presisi penempatan dan *repeatability* operasional, meskipun verifikasi kuantitatif melalui pengukuran aktual tidak dilakukan dalam lingkup penelitian ini. Fixture dilengkapi dengan *locator*, *stopper*, dan *support* yang memastikan benda kerja tidak mengalami pergeseran selama proses *clamping* dan *covering*.

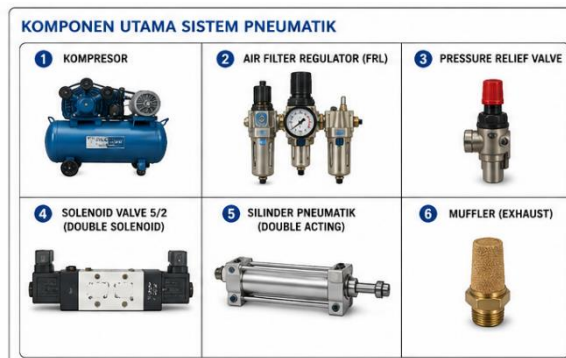


Gambar 2. Sistem mekanik.

Struktur mekanik mesin terdiri atas *base plate* sebagai landasan utama, *locator* dan *stopper* untuk menentukan posisi benda kerja secara akurat, serta *alignment block* untuk menjaga kesesuaian posisi antar-komponen. Kekakuan struktur mesin jig seat assy x covering diverifikasi melalui simulasi *Finite Element Analysis* (FEA), yang menunjukkan tegangan maksimum sebesar 32,6 MPa pada kondisi pembebanan kerja. Nilai ini berada jauh di bawah *yield strength* material baja karbon rendah sebesar 250 MPa, sehingga menghasilkan *factor of safety* (FoS) sebesar 7,67—yang mengindikasikan bahwa struktur beroperasi dalam kondisi aman dengan margin yang memadai. Tingkat kekakuan struktur yang terverifikasi ini sekaligus menjadi dasar teknis kemampuan mesin dalam meredam getaran yang berpotensi menurunkan akurasi posisi komponen selama proses produksi berlangsung.

3.2 Sistem Pneumatik dan Clamping

Sistem pneumatik pada mesin ini menggunakan udara bertekanan dari kompresor yang dialirkan melalui selang dan *fitting* menuju *solenoid valve*. Solenoid valve mengatur arah aliran udara sehingga silinder pneumatik dapat bergerak maju atau mundur sesuai perintah sistem kontrol [5]. Gerakan linear silinder pneumatik digunakan untuk melakukan proses penjepitan (*clamping*) dan pelepasan benda kerja secara otomatis.



Gambar 3. Sistem pneumatik.

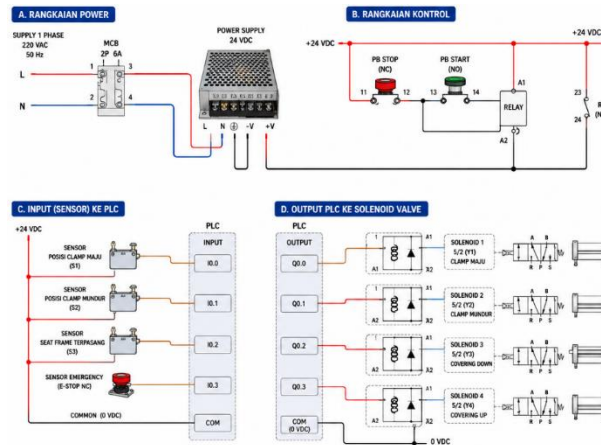
Sistem *clamping* dirancang untuk menghasilkan gaya tekan yang terukur melalui silinder pneumatik pada tekanan kerja 0,6 MPa, dengan gaya teoretis sebesar 1.176 N yang merepresentasikan kapasitas *output* aktuator, bukan tekanan kontak aktual pada permukaan *seat frame*. Distribusi gaya pada titik kontak dipengaruhi oleh geometri kepala *clamp*, luas area kontak, dan posisi penjepitan, sehingga nilai 1.176 N tidak dapat secara langsung diinterpretasikan sebagai tegangan kontak yang dialami komponen seat. Keamanan permukaan *seat frame* terhadap gaya *clamping* didukung secara kualitatif melalui desain geometri kepala *clamp* yang disesuaikan dengan profil komponen, serta diperkuat oleh hasil simulasi FEA yang menunjukkan tegangan maksimum struktur sebesar 32,6 MPa—jauh di bawah *yield strength* material sebesar 250 MPa—sebagai indikator bahwa sistem beroperasi dalam batas aman secara struktural. Aspek ergonomi dan keselamatan juga diperhatikan. Proses penjepitan dan pelepasan dilakukan secara otomatis untuk meminimalkan interaksi langsung operator dengan bagian mesin yang bergerak [6].

3.3 Sistem Kontrol

PLC Mitsubishi FX5U 32M berfungsi sebagai pusat kendali yang memproses sinyal masukan dan mengeksekusi perintah keluaran secara berurutan sesuai dengan kebutuhan proses seat assy x *covering*. Pada sisi *input*, PLC menerima sinyal dari *proximity sensor* sebagai pendeteksi keberadaan benda kerja pada posisi referensi, *limit switch* sebagai konfirmasi posisi silinder pada kondisi maju dan mundur, serta *emergency stop* sebagai pengaman operasional. Berdasarkan kondisi *input* yang terpenuhi, PLC mengeksekusi urutan kerja melalui sisi *output* secara bertahap: mengaktifkan *solenoid valve* untuk menggerakkan silinder pneumatik ke posisi *clamping*, mempertahankan kondisi jepit selama proses *covering* berlangsung, kemudian mereset seluruh aktuator ke posisi awal setelah siklus selesai. Logika *interlock* yang tertanam dalam *ladder diagram* memastikan bahwa setiap tahap hanya dapat dieksekusi apabila kondisi tahap sebelumnya telah terverifikasi, sehingga urutan kerja berlangsung secara aman dan berulang pada setiap siklus produksi. PLC bekerja dengan menerima sinyal masukan dari sensor, memprosesnya sesuai program *ladder diagram*, kemudian menghasilkan keluaran untuk mengendalikan aktuator [7]. Struktur dasar PLC terdiri atas *input module* (menerima sinyal sensor), CPU (memproses data), dan *output module* (mengirim sinyal ke aktuator).

Sensor yang digunakan meliputi *limit switch* untuk mendeteksi posisi akhir silinder atau *clamp* dan *proximity sensor* untuk mendeteksi keberadaan benda kerja tanpa kontak langsung.

Logika kontrol mesin mengikuti prinsip *sequence control* dengan alur kerja yang dilengkapi mekanisme pengaman berlapis: (1) *proximity sensor* mendeteksi keberadaan benda kerja pada posisi referensi sebagai syarat awal aktivasi sistem; (2) PLC Mitsubishi FX5U 32M memverifikasi seluruh sinyal masukan, termasuk status *limit switch* posisi awal silinder dan kondisi *emergency stop*, sebelum memproses perintah lanjut; (3) *solenoid valve* diaktifkan hanya apabila seluruh kondisi *interlock* terpenuhi sehingga mencegah gerakan silinder pada kondisi tidak aman; (4) silinder pneumatik bergerak melakukan *clamping* dan *limit switch* memverifikasi bahwa posisi jepit telah tercapai sepenuhnya; (5) proses *covering* dilakukan setelah konfirmasi posisi *clamp* terverifikasi oleh PLC; serta (6) sistem kembali ke posisi awal setelah sensor konfirmasi menyatakan siklus selesai, dengan *interlock* memastikan silinder tertarik kembali sepenuhnya sebelum siklus berikutnya dapat dimulai.



Gambar 4. Diagram pengawatan.

3.4 Analisis Perhitungan

Perhitungan gaya tekan dilakukan untuk mengetahui kemampuan silinder pneumatik dalam memberikan tekanan terhadap *seat frame*.

$$F = P \times A \quad (3)$$

Keterangan: F = Gaya tekan (N)

P = Tekanan udara (Pa)

A = Luas penampang piston (m²)

Diameter silinder = 50 mm

Tekanan kerja = 0,6 MPa

Luas penampang:

$$A = \pi \times r^2$$

$$A = 3,14 \times (0,025)^2$$

$$A = 0,00196 \text{ m}^2$$

Maka:

$$F = 600000 \times 0,00196$$

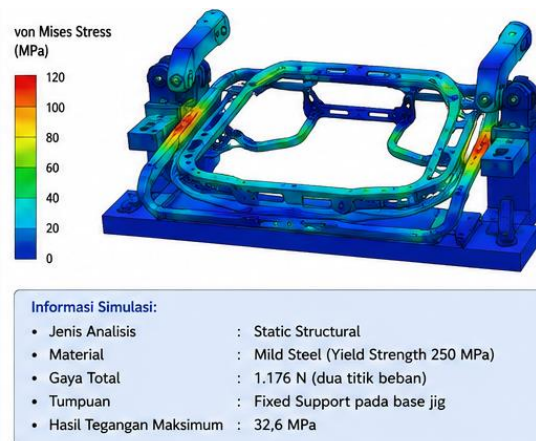
$$F = 1176 \text{ N}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa silinder pneumatik dengan diameter piston 50 mm pada tekanan kerja 0,6 MPa menghasilkan gaya tekan teoretis sebesar 1.176 N, yang diperoleh melalui persamaan:

$$F = P \times A = P \times \frac{\pi d^2}{4} = 0,6 \times \frac{\pi (50)^2}{4} \approx 1.176 \text{ N} \quad (4)$$

Nilai ini merupakan estimasi gaya teoretis ideal yang mengasumsikan efisiensi sistem pneumatik sebesar 100% tanpa rugi tekanan. Dalam kondisi operasional aktual, gaya yang dihasilkan berpotensi lebih rendah akibat faktor-faktor seperti efisiensi mekanis silinder, rugi tekanan pada saluran dan *fitting* pneumatik, serta kondisi *seal* piston. Meskipun demikian, nilai 1.176 N dinilai memadai sebagai estimasi kapasitas *clamping* untuk menahan

benda kerja pada posisi referensi selama proses seat assy x *covering* berlangsung, mengingat gaya tersebut diaplikasikan pada titik-titik *clamping* yang telah dirancang sesuai dengan geometri komponen seat.



Gambar 5. Hasil *Finite Element Analysis*.

Struktur mesin jig seat assy x *covering* dimodelkan menggunakan material baja karbon rendah (*mild steel*) dengan kondisi pembebanan gaya total sebesar 1.176 N dan kondisi batas berupa *fixed support* pada titik-titik tumpuan rangka. Simulasi menghasilkan tegangan maksimum sebesar 32,6 MPa yang terlokalisasi pada area konsentrasi tegangan tertinggi struktur. Nilai ini berada jauh di bawah *yield strength* material sebesar 250 MPa, sehingga struktur dinyatakan masih beroperasi dalam batas elastis dan tidak mengalami deformasi permanen pada kondisi pembebanan kerja. Perbandingan kedua nilai tersebut menghasilkan *factor of safety* (FoS) sebesar:

$$FoS = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_{maks}} = \frac{250 \text{ MPa}}{32,6 \text{ MPa}} \approx 7,67$$

Nilai FoS sebesar 7,67 mengindikasikan bahwa struktur memiliki margin keamanan yang sangat memadai terhadap kondisi pembebanan operasional, sekaligus memberikan toleransi terhadap variasi beban dinamis yang mungkin terjadi selama proses produksi berlangsung.

4 Kesimpulan

Mesin jig seat assy x *covering* di PT Habibi Maulana Teknik dirancang untuk mendukung proses *assembly* dan *covering* yang lebih terarah, stabil, dan berulang melalui integrasi sistem mekanik, pneumatik, dan kontrol berbasis PLC Mitsubishi FX5U 32M. Integrasi ketiga subsistem tersebut—yang meliputi fungsi *locating*, *clamping* pneumatik terukur, dan *sequence control* otomatis—secara teknis memberikan landasan bagi konsistensi operasional mesin dalam kondisi produksi berulang. Sistem jig dan *fixture* yang dirancang khusus mendukung konsistensi posisi benda kerja antarsiklus produksi melalui integrasi komponen *locating*, *stopper*, *support*, dan *clamp* yang bekerja secara sinergis. Locator menetapkan referensi posisi geometri komponen seat, *stopper* membatasi pergeseran lateral, *support* menumpu beban vertikal, dan *clamp* memberikan gaya tekan terukur sebesar 1.176 N untuk mengunci posisi selama siklus berlangsung. Kombinasi keempat komponen tersebut secara teknis memberikan landasan bagi *repeatability* operasional, meskipun verifikasi kuantitatif melalui pengukuran posisi aktual antarsiklus tidak dilakukan dalam lingkup penelitian ini.

Penerapan PLC Mitsubishi FX5U 32M sebagai pengendali utama dengan logika *sequence control* memungkinkan pengaturan urutan kerja mesin secara otomatis dan berpotensi mengurangi ketergantungan pada intervensi operator dalam setiap siklus produksi. Otomatisasi urutan kerja melalui logika *ladder diagram* secara teknis meminimalkan variabilitas eksekusi yang umumnya menjadi sumber *human error* pada sistem kontrol manual, meskipun verifikasi empiris melalui perbandingan data sebelum dan sesudah implementasi diperlukan untuk mengonfirmasi efektivitasnya secara terukur. Panel kontrol yang terintegrasi dengan sistem *wiring* dan komponen proteksi dirancang untuk mendukung keandalan dan keamanan operasi mesin secara berlapis. Keandalan operasional didukung oleh konfigurasi *wiring* industri yang terstruktur, komponen proteksi arus berupa MCB, dan relay sebagai pengaman rangkaian kendali. Keamanan operasional diperkuat melalui mekanisme *safety*

interlock berbasis *limit switch* dan *proximity sensor* yang memastikan setiap tahap urutan kerja hanya dapat dieksekusi apabila kondisi prasyarat terpenuhi, serta *emergency stop* sebagai pengaman darurat yang dapat menghentikan seluruh operasi mesin secara instan.

Integrasi keseluruhan komponen tersebut memberikan landasan teknis bagi operasi mesin yang andal dan aman, meskipun verifikasi melalui pengujian keandalan terukur, seperti analisis *mean time between failure* (MTBF), tidak dilakukan dalam lingkup penelitian ini. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, mesin jig seat assy x *covering* dirancang sebagai sistem terintegrasi yang menggabungkan subsistem mekanik, pneumatik, dan kontrol berbasis PLC secara fungsional. Sistem *clamping* pneumatik menghasilkan gaya tekan teoretis sebesar 1.176 N pada tekanan kerja 0,6 MPa, yang dinilai memadai untuk menahan benda kerja pada posisi referensi selama siklus produksi berlangsung. Hasil simulasi FEA menunjukkan tegangan maksimum struktur sebesar 32,6 MPa—jauh di bawah *yield strength* material *mild steel* sebesar 250 MPa—dengan *factor of safety* 7,67 yang mengonfirmasi kelayakan struktural desain. Logika *sequence control* pada PLC Mitsubishi FX5U 32M memungkinkan otomatisasi urutan kerja yang terstruktur dengan mekanisme *interlock* berbasis *limit switch*, *proximity sensor*, dan *emergency stop* sebagai pengaman operasional. Secara keseluruhan, integrasi ketiga subsistem tersebut memberikan landasan teknis bagi proses *assembly* dan *covering* yang lebih terarah, stabil, dan berulang dalam kondisi produksi aktual.

5 Referensi

- [1] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*, 5th ed. Hoboken: Wiley, 2015.
- [2] W. Bolton, *Programmable Logic Controllers*, 5th ed. Oxford: Newnes, 2015.
- [3] S. Kalpakjian and S. R. Schmid, *Manufacturing Engineering and Technology*, 7th ed. New Jersey: Pearson, 2014.
- [4] G. Boothroyd, P. Dewhurst, and W. Knight, *Product Design for Manufacture and Assembly*, 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.
- [5] E. A. Parr, *Programmable Controllers: An Engineer's Guide*, 3rd ed. Oxford: Newnes, 2011.
- [6] F. D. Petruzella, *Programmable Logic Controllers*, 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2011.
- [7] R. Hughes and B. Ferrett, *Introduction to Health and Safety at Work*, 5th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2012.
- [8] A. Muzathik, M. Amin, and M. Ibrahim, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Pneumatik Berbasis PLC untuk Mesin Press Komponen Otomotif," *Jurnal Flywheel*, vol. 14, no. 1, pp. 12-20, 2023.
- [9] B. Santoso and T. Wibowo, "Analisis Efisiensi Sistem Jig dan Fixture pada Lini Perakitan Otomotif Berbasis Otomasi," *Jurnal Flywheel*, vol. 15, no. 2, pp. 45-53, 2024.