



## Kajian Proses Pemesinan dan Uji Kualitas (Visual, Leak Test, dan Honing) pada Cylinder Comp XC-60

**Muhammad Yusuf Nurfani**

Mechanical Engineering, Gunadarma University

Alamat: Depok, Indonesia

Korespondensi penulis: [yusufnur18@staff.gunadarma.ac.id](mailto:yusufnur18@staff.gunadarma.ac.id)

**Abstract.** The cylinder comp is a key component that forms the engine's combustion chamber, where the combustion of a compressed air-fuel mixture generates power in the engine system. This paper aims to describe the materials used in the cylinder comp and to outline its manufacturing process. The XC 60 cylinder comp is produced for four-stroke motorcycles. Common materials for engine cylinders include gray cast iron, nickel cast iron, or semi-steel, with tensile strength ranging from 25,000 to 50,000 psi and an elastic limit of 10,000 to 30,000 psi. A distinctive practice in the XC 60 production line is the machining of the combustion-chamber bore to a slightly reduced profile, intended to improve combustion effectiveness. In general, the cylinder comp is manufactured through several stages, including cutting, chamfering, drilling, milling, tapping, and honing, all conducted in accordance with the company's operating procedures Standard.

**Keywords:** cylinder comp, XC 60, cylinder material, manufacturing process, inspection standard.

**Abstrak.** Cylinder comp adalah komponen utama pembentuk ruang bakar pada mesin, tempat berlangsungnya pembakaran campuran udara dan bahan bakar yang telah dikompresi untuk menghasilkan tenaga. Tulisan ini bertujuan menjelaskan material yang digunakan pada cylinder comp serta menguraikan alur proses pembuatannya. Produk yang dibahas adalah cylinder comp tipe XC 60 untuk sepeda motor 4-tak. Bahan yang lazim dipakai pada silinder mesin meliputi besi cor kelabu, besi cor nikel, atau semi baja, dengan rentang kuat tarik 25.000–50.000 psi dan batas elastis 10.000–30.000 psi. Salah satu ciri proses pada XC 60 ialah pembentukan lubang ruang bakar yang dibuat semakin menyempit pada tahap machining untuk mendukung performa pembakaran yang lebih optimal. Secara keseluruhan, pembuatan cylinder comp melalui beberapa tahapan, yaitu pemotongan, chamfering, drilling, milling, tapping, dan honing, yang pelaksanaannya mengacu pada standar operasi yang diterapkan.

**Kata kunci:** cylinder comp, XC 60, material silinder, proses manufaktur, standar inspeksi

### 1. LATAR BELAKANG

Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) telah mendorong akselerasi transformasi di berbagai sektor, termasuk industri manufaktur. Di bidang otomotif, modernisasi fasilitas produksi melalui penerapan mesin dan peralatan yang lebih canggih ditujukan untuk meningkatkan efektivitas, efisiensi,

Received: Desember 30, 2025; Revised Desember 31, 2025; Accepted Desember 31, 2025; Online

Available Desember 31, 2025; Published Desember 31, 2025;

\*Corresponding author, [yusufnur18@staff.gunadarma.ac.id](mailto:yusufnur18@staff.gunadarma.ac.id)

serta konsistensi mutu produk. Namun, pencapaian kualitas yang tinggi tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan peralatan. Penyimpangan mutu masih dapat terjadi akibat faktor manusia (misalnya kelalaian operator), ketidaktepatan parameter proses/setting mesin, kondisi alat potong yang aus, maupun variasi kualitas bahan baku. Oleh karena itu, perusahaan manufaktur umumnya menerapkan sistem manajemen mutu dan aktivitas quality control untuk memastikan produk yang dihasilkan memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan, selaras dengan acuan standar nasional maupun standar internasional.

Pada proses machining komponen cylinder comp, pengendalian mutu umumnya dilakukan secara ketat melalui inspeksi berkala dan bertahap pada titik-titik kritis proses. Pemeriksaan kualitas yang terstruktur membantu menjaga stabilitas hasil produksi sekaligus meminimalkan potensi reject. Apabila ditemukan ketidaksesuaian, dilakukan evaluasi untuk menelusuri sumber masalah—baik pada tahapan proses tertentu, kondisi/akurasi mesin, metode kerja, maupun aspek material—sehingga dapat ditetapkan tindakan korektif dan pencegahan. Selain itu, dalam pembuatan cylinder comp terdapat karakteristik khusus untuk membedakan varian produk, terutama pada aspek dimensi dan toleransi, sehingga diperlukan ketelitian proses dan verifikasi ukuran agar spesifikasi tiap tipe tetap terpenuhi.

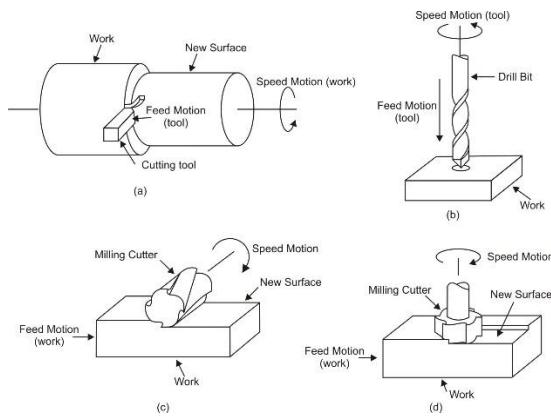
Sejalan dengan kebutuhan tersebut, kegiatan kerja praktik dilaksanakan untuk mempelajari secara langsung proses machining dinding cylinder comp tipe XC-60 pada lini produksi. Kegiatan ini diharapkan memberikan pengalaman industri yang relevan bagi mahasiswa, memperkuat pemahaman keterkaitan antara proses manufaktur dan standar mutu, serta menghasilkan masukan perbaikan yang realistik terhadap permasalahan kualitas yang muncul di lapangan.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

### **Konsep Cylinder Comp dan Fungsinya pada Mesin 4-Tak**

Cylinder comp (komponen silinder) berperan sebagai bagian utama pembentuk ruang bakar dan lintasan gerak piston. Pada mesin 4-tak, kualitas geometri lubang silinder (bore) dan kondisi permukaan dinding silinder sangat menentukan kestabilan kompresi, efisiensi pembakaran, konsumsi oli, serta umur pakai ring piston. Karena itu, komponen

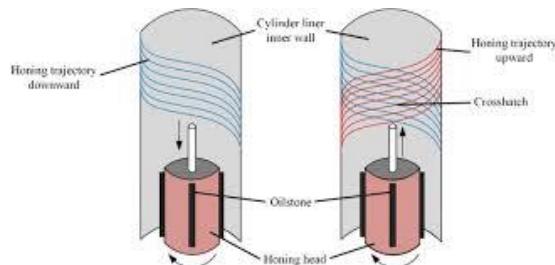
ini termasuk kategori critical part yang menuntut kontrol proses dan inspeksi yang ketat dalam manufaktur.



**Gambar 1. Pola cross-hatch pada dinding silinder hasil proses honing.**

### Material Silinder Mesin

Material yang umum digunakan untuk komponen silinder/liner pada aplikasi otomotif adalah keluarga besi cor (misalnya besi cor kelabu dan besi cor paduan seperti nikel cast iron) karena memiliki wear resistance yang baik, damping capacity yang tinggi, serta kemudahan proses permesinan (machinability) yang relatif baik. Karakter grafit pada besi cor kelabu juga sering dikaitkan dengan sifat tribologi yang menguntungkan pada kontak gesek.



**Gambar 2. Skema prinsip honing dan pembentukan cross-hatch pattern.**

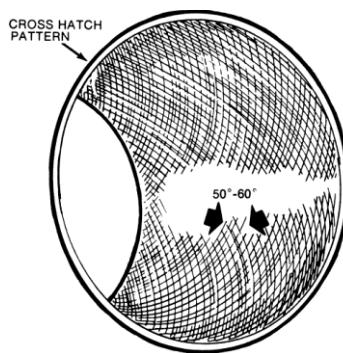
### Gambaran Umum Alur Manufaktur Cylinder Comp

Secara umum, pembuatan komponen silinder otomotif berlangsung melalui dua kelompok proses besar:

1. Pembentukan awal (umumnya casting) untuk menghasilkan bentuk mendekati produk (near net shape).

2. Proses machining presisi untuk mencapai dimensi, toleransi, dan kualitas permukaan sesuai spesifikasi.

Tahap machining lazim mencakup operasi seperti pemotongan awal, chamfering, drilling, milling, tapping, serta proses finishing seperti boring/honing pada bore silinder. Skema dasar gerak pahat/benda kerja pada beberapa operasi permesinan dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Ilustrasi dasar beberapa proses permesinan (contoh gerak pemotongan/feeding pada operasi umum).**

### **Teori Honing dan Kualitas Permukaan Dinding Silinder**

Honing merupakan proses finishing untuk memperbaiki ketelitian geometri (misalnya cylindricity) sekaligus membentuk tekstur permukaan yang sesuai. Hasil khasnya adalah pola cross-hatch pada dinding silinder (lihat Gambar 1 dan Gambar 2). Pola ini penting karena membantu retensi film oli, mempercepat proses break-in, dan menurunkan risiko keausan tidak merata.

### **Engine Builder Magazine**

Parameter kualitas yang sering dikaitkan dengan hasil honing antara lain:

1. Sudut cross-hatch (indikasi kombinasi gerak putar dan translasi proses honing),
2. Kekasaran permukaan (mis. Ra/Rz sesuai kebutuhan desain),
3. Ketelitian bentuk: taper (ketirusan), out-of-roundness, dan cylindricity.
4. Engine Builder Magazine

### **Dimensi, Toleransi, dan Karakteristik Khusus Produk**

Dalam manufaktur komponen presisi, toleransi dimensi dan toleransi geometri membedakan satu varian produk dengan varian lainnya. Perbedaan kecil pada diameter

bore, ketirusan, atau surface finish dapat berdampak pada performa pembakaran, blow-by, dan konsumsi oli. Karena itu, spesifikasi toleransi harus diturunkan menjadi:

1. parameter proses (setting mesin, tooling, feed/speed, coolant), dan
2. parameter inspeksi (alat ukur, metode sampling, frekuensi pengecekan).

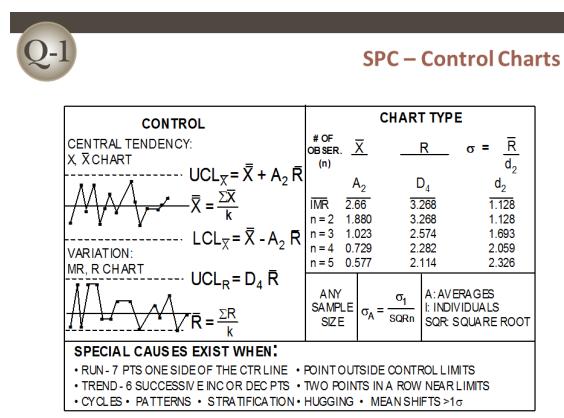
## Quality Control dan Standar Sistem Mutu

Agar mutu produk stabil, industri manufaktur umumnya menerapkan sistem manajemen mutu berbasis proses serta mekanisme monitoring-measurement-analysis untuk menjamin kesesuaian produk dan efektivitas proses. ISO 9001 menekankan pendekatan proses dan perbaikan berkelanjutan dalam pengendalian mutu.

Untuk sektor otomotif, kerangka sistem mutu sering merujuk pada standar khusus seperti IATF 16949 yang menekankan pencegahan cacat dan konsistensi kualitas pada produksi otomotif dan komponen terkait.

## SPC (Statistical Process Control) untuk Menjaga Kestabilan Proses

Selain inspeksi akhir, kontrol kualitas modern mendorong pengendalian proses secara statistik melalui SPC. SPC memanfaatkan control chart untuk memantau variasi proses dari waktu ke waktu, membedakan variasi wajar (common cause) vs variasi khusus (special cause), dan memicu tindakan korektif sebelum produk keluar dari spesifikasi. Contoh konsep control chart ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi konsep control chart untuk SPC

### **3. METODE PENELITIAN**

#### **Desain dan Pendekatan**

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif berbasis observasi proses untuk memetakan tahapan machining komponen cylinder comp tipe XC-60 dan mengidentifikasi titik-titik pengendalian kualitas (quality control) pada setiap proses. Data yang dikaji bersumber dari urutan proses, parameter pemeriksaan, serta standar ukuran/toleransi yang dicatat pada lembar kontrol kualitas.

#### **Objek Pengamatan**

Objek pengamatan adalah cylinder comp XC-60 untuk aplikasi motor 4-tak, termasuk karakteristik pembentukannya yang menekankan ketelitian dimensi dan kualitas permukaan, terutama pada bagian lubang/ruang bakar yang pada proses machining dibentuk dengan profil yang dibuat mengecil untuk mendukung hasil pembakaran yang optimal.

#### **Jenis Data**

Data yang digunakan meliputi:

1. Data alur proses machining (tahapan dari pemeriksaan awal hingga inspeksi akhir).
2. Data kriteria inspeksi visual (cacat titik/gores/retak pada permukaan head, dan potensi porosity).
3. Data standar ukuran/toleransi pada tiap proses (head, case, skirt, lubang baut/dowel pin, chain tensioner, leak test, dan honing).
4. Data parameter pengujian kebocoran (bore hole, chain hole, oil hole).

#### **Prosedur Pelaksanaan**

Langkah pelaksanaan disusun mengikuti urutan proses manufaktur pada lini machining sebagai berikut:

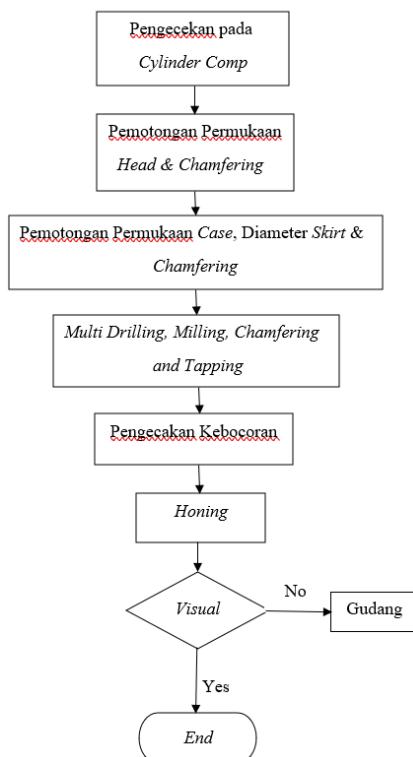
1. Inspeksi awal pasca pengecoran secara visual; jika ditemukan cacat maka komponen dikembalikan untuk dilebur ulang.

2. Pemotongan permukaan head & chamfering (kasar–finish–chamfer).
3. Pemotongan permukaan case, diameter skirt, dan chamfering (kasar–finish–chamfer).
4. Multi-process CNC: drilling tightening hole, drilling & chamfering dowel pin, milling chain tensioner, drilling lubang terkait, serta tapping ulir.
5. Leak test (bore hole, chain hole, oil hole) dengan tekanan udara sesuai standar yang tercantum pada kontrol kualitas.
6. Honing sebagai proses akhir machining untuk memastikan diameter lubang/ruang bakar sesuai toleransi.
7. Washing untuk menghilangkan scrap dan sisa coolant.
8. Inspeksi visual akhir sebelum dikirim ke proses perakitan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Pemetaan Alur Proses Machining

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa proses machining cylinder comp XC-60 terdiri dari rangkaian tahapan yang saling terkait:



**Gambar 5. Flowchart proses machining (PNG)**

## Inspeksi Awal Pasca Pengecoran

Pada tahap awal, cylinder comp diperiksa secara visual untuk memastikan tidak terdapat kecacatan permukaan. Salah satu cacat yang dicatat adalah cacat titik pada permukaan head berupa goresan/retakan. Jika cacat teridentifikasi, komponen dikembalikan untuk dilebur ulang sehingga hanya komponen yang layak yang masuk ke proses machining. Temuan ini menunjukkan bahwa inspeksi awal berfungsi sebagai “filter kualitas” sebelum proses presisi dilakukan.



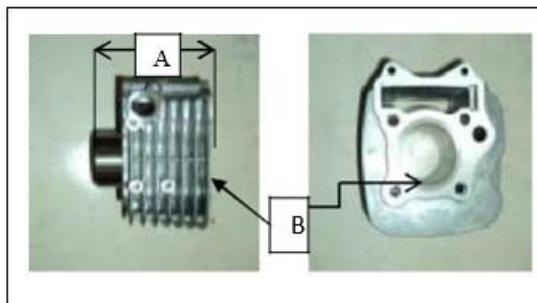
**Gambar 6. Cacat titik pada permukaan head**

## Pemotongan Permukaan Head dan Chamfering

Tahap machining pada head dilakukan melalui tiga langkah: pemotongan kasar, pemotongan finish, dan chamfering diameter dalam. Standar ukuran yang dicantumkan pada kontrol kualitas adalah:

1. Pemotongan head (kasar), item A: 95,65 mm
2. Pemotongan head (finish), item A: 95,45 mm
3. Chamfering diameter dalam, item B: 2,5 MAX mm

Secara fungsional, proses ini ditujukan agar permukaan head lebih halus dan presisi karena bagian ini akan terhubung dengan komponen head cylinder sehingga mengurangi risiko kebocoran pada sistem pembakaran.



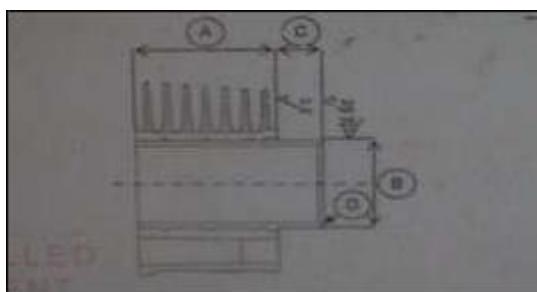
**Gambar 7. Pemotongan permukaan head & chamfering**

#### **Pemotongan Permukaan Case, Diameter Skirt, dan Chamfering**

Tahapan berikutnya mencakup pemotongan permukaan case, diameter luar skirt, permukaan skirt, dan chamfering diameter dalam. Kontrol kualitas pada tahap ini mencantumkan beberapa target ukuran, antara lain:

1. Case (kasar) item A:  $72,65 \pm 0,1$  mm
2. Diameter luar skirt (kasar) item B:  $58,4 \pm 0,1$  mm
3. Permukaan skirt (kasar) item C:  $22,7 \pm 0,1$  mm
4. Case (finish) item A:  $72,45 \pm 0,05$  mm
5. Chamfering diameter dalam item D:  $3,2 \pm 0,2 \times 30^\circ$  mm

Tahap ini memperjelas bahwa proses machining tidak hanya menghaluskan, tetapi juga “mengunci” dimensi dan toleransi untuk memastikan kesesuaian bentuk komponen pada tahap perakitan selanjutnya.



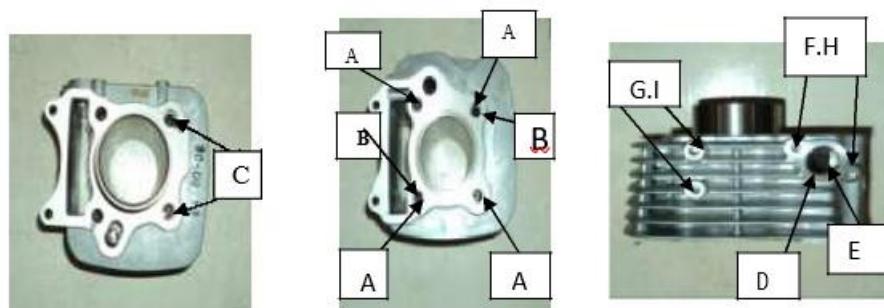
**Gambar 8. Pemotongan permukaan case, diameter skirt & chamfering**

#### **Multi Drilling, Milling, Chamfering, dan Tapping**

Pada tahap ini dilakukan sembilan langkah CNC untuk membentuk fitur fungsional, termasuk:

1. Drilling tightening hole pada permukaan head & case (untuk pengikatan ke crank case/cylinder head)
2. Drilling & chamfering dowel pin (head dan case)
3. Milling dan drilling pada area chain tensioner
4. Drilling/chamfering bracket hole
5. Tapping ulir M6×P1.0 pada lubang terkait

Tabel kontrol kualitas mencantumkan spesifikasi seperti 2- $\varnothing$ 11 mm untuk dowel pin, 1- $\varnothing$ 19,0 mm untuk lubang chain tensioner, 2- $\varnothing$ 5 mm untuk lubang terkait, dan ulir M6×1.0 mm untuk hasil tapping. Ini menunjukkan bahwa pada tahap ini fitur-fitur pengikat dan fungsional dibentuk sekaligus diverifikasi dimensinya.



**Gambar 9. Multi drilling/milling/chamfering/tapping**

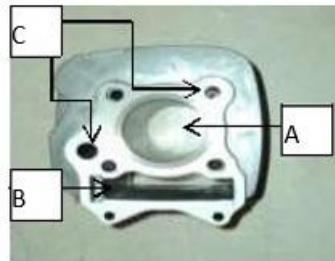
### Pengecekan Kebocoran (Leak Tester)

Pengecekan kebocoran dilakukan pada tiga area:

1. Bore hole detection
2. Chain hole detection
3. Oil hole detection.

Kontrol kualitas mencantumkan tekanan pengujian 0,0290 MPa (3 kg/cm<sup>2</sup>) untuk masing-masing area. Di bagian narasi juga disebutkan tekanan udara 0,5 kg/cm<sup>2</sup>, sehingga pada naskah jurnal perlu diseragamkan (dipilih salah satu yang benar sesuai standar pengujian yang dipakai). Temuan ini penting karena uji kebocoran berfungsi memastikan

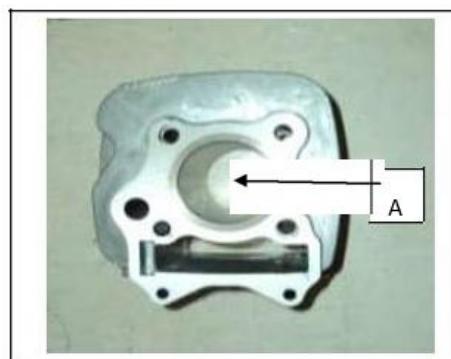
tidak ada jalur bocor pada bore/chain/oil hole sebelum komponen masuk tahap finishing dan perakitan.



**Gambar 10. Titik pemeriksaan leak tester**

### **Honing sebagai Proses Akhir Machining**

Honing dicatat sebagai proses akhir untuk memastikan diameter ruang bakar/bore memenuhi toleransi standar. Pada bagian kontrol kualitas, pemeriksaan diameter ditunjukkan pada item A dan dicantumkan ukuran “ $300 \pm 104$  mm”. Notasi ini terlihat tidak lazim/berpotensi salah ketik (misalnya salah penempatan desimal atau simbol toleransi), sehingga perlu klarifikasi dan penulisan ulang agar pembaca jurnal memahami spesifikasi yang dimaksud. Meski demikian, dari alur proses dapat disimpulkan bahwa honing diposisikan sebagai penentu mutu akhir geometri bore sebelum tahap pembersihan dan inspeksi akhir.



**Gambar 11. Honing**

### **Washing dan Inspeksi Visual Akhir**

Setelah machining, cylinder comp dicuci menggunakan air dan oli untuk menghilangkan scrap dan sisa coolant. Sebelum dikirim ke proses assembling engine, dilakukan inspeksi visual akhir untuk memastikan permukaan bore tidak mengalami

goresan/retak serta meminimalkan risiko porosity yang lolos. Tahap ini menutup rangkaian kontrol mutu agar komponen yang masuk perakitan berada pada kondisi layak.

## 5. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa proses machining cylinder comp tipe XC-60 merupakan rangkaian pekerjaan presisi yang tersusun sistematis mulai dari inspeksi awal pasca pengecoran, pemotongan dan chamfering pada bagian head serta case/skirt, proses multi machining (drilling–milling–chamfering–tapping), leak test, honing, washing, hingga inspeksi akhir sebelum menuju gudang/assembling. Setiap tahapan tidak berdiri sendiri, melainkan saling mengunci kualitas dimensi, geometri, dan kondisi permukaan, sehingga konsistensi mutu produk dapat dijaga melalui kontrol proses bertahap dan pemeriksaan berkala sesuai standar inspeksi yang diterapkan.

Selain memetakan alur proses, pembahasan juga menegaskan bahwa efektivitas pengendalian kualitas ditentukan oleh ketepatan titik inspeksi dan kejelasan spesifikasi ukuran/toleransi pada setiap proses, terutama pada fitur kritis seperti bore/ruang bakar, lubang-lubang fungsional, serta hasil akhir honing. Dengan adanya inspeksi visual, uji kebocoran, dan verifikasi dimensi pada titik-titik kritis, potensi cacat (goresan, retak, porositas, dan kebocoran) dapat dideteksi lebih awal untuk mencegah produk tidak sesuai masuk ke proses perakitan. Hasil ini memperlihatkan bahwa integrasi proses machining dan sistem inspeksi yang disiplin merupakan faktor kunci dalam mempertahankan kualitas cylinder comp sekaligus mendukung efisiensi produksi melalui penurunan risiko reject dan rework.

## DAFTAR REFERENSI

- Aliandi, A., Agustin, N. N., Pamungkas, A. A., & Suryady, S. (2021). Manufacturing process and tonase calculation on bumper rear axle bracket RH. *International Journal of Science, Technology & Management*, 2(6), 1970–1979. <https://doi.org/10.46729/ijstm.v2i6.389>
- Dimkovski, Z., Rosén, B.-G., Ohlsson, R., & Anderberg, C. (2011). Influence of surface roughness and topography on the friction and wear of cylinder liner and piston ring components. *Wear*, 271(9–10), 1351–1358. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2011.03.014>
- Groover, M. P. (2020). *Fundamentals of modern manufacturing: Materials, processes, and systems* (7th ed.). Wiley.

- Heywood, J. B. (2018). Internal combustion engine fundamentals (2nd ed.). McGraw-Hill Education.
- International Automotive Task Force. (2016). IATF 16949:2016—Quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organizations (1st ed.). IATF.
- International Organization for Standardization. (2015). ISO 9001:2015—Quality management systems—Requirements. ISO.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). Manufacturing engineering and technology (7th ed.). Pearson.
- Ma, S., Liu, Y., Wang, Z., Wang, Z., Huang, R., & Xu, J. (2019). The effect of honing angle and roughness height on the tribological performance of CuNiCr iron liner. *Metals*, 9(5), 487. <https://doi.org/10.3390/met9050487>
- Mezghani, S., Yousfi, M., El Mansori, M., & Demirci, I. (2013). Mutual influence of cross hatch angle and superficial roughness of honed surfaces on friction in ring-pack tribo-system. *Tribology International*, 66, 54–59. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2013.04.014>
- Montgomery, D. C. (2020). Introduction to statistical quality control (8th ed.). Wiley.
- Ramadhan, A. R. A., & Suryady, S. (2024). Techniques in dowel pin manufacturing with S45C material. *Jurnal Ilmiah Teknik*, 3(4). <https://doi.org/10.56127/juit.v3i4.1464>
- Sender, P., & Buj-Corral, I. (2023). Influence of honing parameters on the quality of the machined parts and innovations in honing processes. *Metals*, 13(1), 140. <https://doi.org/10.3390/met13010140>
- Woś, P., & Michalski, J. (2011). Effect of initial cylinder liner honing surface roughness on the operating parameters of piston–cylinder assembly. *Tribology Letters*, 42(1), 89–103. <https://doi.org/10.1007/s11249-010-9710-2>