



Produksi Katup Bola Rumah SS304 Ukuran 0,5 Inchi dengan Kapasitas 2 Biji per Jam

Fanni Cicilia Krisani¹, Syamsul Hadi^{2*}, Dhia Kemal Ramadhan Wiyono³, Aulia Tri Saputra⁴, Hilmi Andyan Rahmaputra⁵

^{1,3,4,5}Program Studi Diploma IV, Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

²Program Studi Doktor Terapan, Optimasi Desain Mekanik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Email: fannicicilia2005@gmail.com¹, syamsul.hadi@polinema.ac.id², kemalramadhan5002@gmail.com³, ragilauli2005@gmail.com⁴, hilmi.rahmaputra06@gmail.com⁵

*Penulis Korespondensi: syamsul.hadi@polinema.ac.id

Abstract. *Structural leakage of ball valves in piping systems in industrial areas and in household environments is a problem encountered in the field. The production objective is to obtain a ball valve with a valve housing made of stainless steel, SS304 with a valve ball diameter of 0.5". The production method includes: design of a 0.5" ball valve; 3D geometric modeling and simulation using CAD/CAM software to extract numerical codes (G-code) and determine the cutting path strategy in machining; optimization of cutting parameters (cutting speed, feed rate, and depth of cut); CNC machining for ball valve components; design of a ball valve plastic lever; design of a ball valve plastic lever mold; and molding of a ball valve plastic lever; assembly of ball valve components; hydraulic testing at a pressure of 10 Bar; and quality-dimensional and packaging inspection. The production results are in the form of a ball valve with a valve housing made of stainless steel, SS304 with a valve ball diameter of 0.5" with a total production cost of IDR 75,000/unit, and a process duration of 30 minutes/unit which means that the ball valve can be used in various water installations in industrial areas and in household environments.*

Keywords: 10 Bar; Ball Valve; CNC Machining; SS304; Valve Turning Lever.

Abstrak. Kebocoran struktural dari katup bola dalam sistem perpipaan di kawasan industri maupun di lingkungan rumah tangga sebagai masalah yang dijumpai di lapangan. Tujuan produksi untuk memperoleh katup bola dengan rumah katup dari bahan stainless steel, SS304 dengan diameter bola katup berukuran 0,5". Metode produksi meliputi: desain katup bola ukuran 0,5"; pemodelan geometris 3D dan simulasi menggunakan perangkat lunak CAD/CAM untuk mengekstrak kode numerik (G-code) dan menentukan strategi lintasan penyayatan dalam pemrosesan; optimasi parameter pemotongan (kecepatan potong/cutting speed), laju pemakanan/feed rate), dan kedalaman potong/depth of cut); pemrosesan CNC untuk komponen katup bola; desain tuas plastik katup bola; desain cetakan tuas plastik katup bola; dan pencetakan tuas plastik katup bola; perakitan komponen katup bola; uji hidraustatik pada tekanan 10 Bar; dan pemeriksaan mutu-dimensi dan pengemasan. Hasil produksi berupa katup bola dengan rumah katup dari bahan stainless steel, SS304 dengan diameter bola katup berukuran 0,5" dengan total biaya produksi Rp 75.000,-/unit, dan durasi proses 30 menit/unit yang berdampak bahwa katup bola dapat digunakan di berbagai instalasi air di kawasan industri maupun di lingkungan rumah tangga.

Kata Kunci: 10 Bar; Katup Bola; Pemrosesan CNC; SS304; Tuas Pemutar Katup.

1. LATAR BELAKANG

Sistem perpipaan dalam lingkup industri maupun kebutuhan rumah tangga sangat bergantung pada keandalan komponen pengontrol aliran, satu di antaranya adalah katup bola (*ball valve*). Komponen tersebut memegang peranan vital dalam mengatur, menghentikan, atau mengalirkan fluida secara cepat dan tepat guna menjaga kestabilan tekanan operasional di dalam jaringan pipa. Idealnya, sebuah katup harus memiliki akurasi yang sangat tinggi agar bagian bola (*ball*) dan dudukan (*seat*) mampu menutup celah secara sempurna tanpa meninggalkan ruang mikro yang dapat dilalui oleh cairan atau gas, namun realitas di lapangan

menunjukkan bahwa kegagalan mekanis akibat penyimpangan geometris masih sering terjadi, yang kemudian memicu fenomena kebocoran struktural pada katup. Dampak nyata dari degradasi akurasi dimensi tersebut dapat bersifat fatal bagi operasional industri skala besar, sebagaimana didokumentasikan oleh Fina (2025) dalam studinya mengenai kerusakan sistem pemipaan kapal penumpang akibat kebocoran katup, yang mana kegagalan tersebut memicu risiko teknis serius dan kerugian ekonomi yang masif.

Mengatasi kerentanan operasional tersebut menuntut pemilihan bahan yang memiliki ketahanan tinggi terhadap lingkungan kerja korosif sekaligus menunjukkan kemampuan mesin (*machinability*) yang baik. Menurut Çiçek dkk. (2021), optimasi perkakas potong khusus pada bahan paduan SS304 tersebut menjadi penentu utama dalam meminimalkan gaya potong dan keausan pahat, sehingga integritas dimensi katup tetap terjaga selama manufaktur berlangsung.

Meskipun potensi bahan SS304 sangat menjanjikan, metode manufaktur tradisional yang selama tersebut diterapkan masih menghadapi kendala besar dalam mencapai standar geometris yang konsisten. Penyiapan bakal produk melalui metode pengecoran tuang manual sering kali memicu munculnya cacat internal yang merugikan kekuatan mekanis komponen. Penelitian Sugita dkk. (2023) mengungkapkan bahwa variasi temperatur tuang dan ketebalan saluran pada pengecoran SS304 sangat memengaruhi tingkat porositas hasil akhir, yang berpotensi menciptakan rongga udara penyebab kebocoran mikro. Kelemahan tersebut diperparah ketika industri mencoba beralih ke metode penempaan konvensional yang parameternya sulit dikontrol secara konstan, yang mana Sujendro dkk. (2023) menjelaskan bahwa ketidakstabilan temperatur pemanasan pada penempaan katup gas secara langsung menurunkan kualitas struktural produk. Hambatan tersebut bertambah rumit pada tahap pemesinan akhir, karena mesin bubut konvensional membutuhkan modifikasi mekanis yang kompleks, untuk penambahan sumbu-B, hanya untuk membentuk kontur bola katup yang presisi (Wicaksono & Prayogi, 2021).

Keterbatasan metode konvensional tersebut melahirkan kesenjangan nyata (*gap analysis*) terhadap tuntutan industri modern yang mengutamakan kecepatan, efisiensi, dan kualitas konstan. Ketergantungan pada keahlian operator manual dalam menyetel mesin bubut konvensional berakibat pada pembengkakan waktu tunggu produksi (*lead time*) dan tingginya angka penolakan produk (*rejection rate*) akibat inkonsistensi ukuran. Penerapan teknologi pemesinan *Computer Numerical Control* (CNC) hadir sebagai solusi krusial untuk menjembatani kesenjangan tersebut melalui otomatisasi pergerakan pahat berbasis kode numerik terkomputerisasi. Fleksibilitas pemesinan CNC mampu mengeliminasi manipulasi mekanis yang rumit untuk desain sumbu manual yang dikaji oleh Wicaksono & Prayogi (2021),

sekaligus memangkas siklus waktu pengerjaan secara drastis. Melalui penerapan parameter pemesinan kinerja tinggi yang direkomendasikan oleh Çiçek dkk. (2021), pemotongan bahan SS304 dapat berjalan secara optimal, stabil, dan berulang tanpa menurunkan kualitas permukaan produk yang dihasilkan.

Berdasarkan urgensi untuk memangkas *lead time* dan meningkatkan akurasi geometris secara massal, aktivitas produksi tersebut diarahkan pada sebuah rekayasa manufaktur yang terukur dan efisien. Fokus utama dari kegiatan tersebut adalah merekayasa parameter pemesinan pada mesin CNC untuk memproduksi katup SS304 ukuran 0,5 inci secara kontinu. Melalui pengaturan yang cermat terhadap kombinasi kecepatan potong (*cutting speed*), laju pemakanan (*feed rate*), dan kedalaman potong (*depth of cut*), siklus waktu pengerjaan setiap unit katup dapat ditekan hingga mencapai titik paling minimal. Hasil akhir dari pemodelan jalur pahat dan optimasi parameter tersebut ditargetkan mampu menghasilkan kapasitas produksi yang konstan, yakni sebanyak 2 biji/jam. Kegiatan produksi tersebut diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dan aplikatif dalam menetapkan standar pemesinan CNC yang efektif bagi industri manufaktur katup skala kecil hingga menengah.

2. KAJIAN TEORITIS

Stainless Steel 304 (SS304) dipilih sebagai bahan rumah katup karena memiliki kadar Kromium yang mampu membentuk lapisan oksida pelindung yang stabil pada permukaannya (Addai dkk., 2024). Lapisan pasif tersebut berfungsi mencegah pelepasan ion logam ke lingkungan, sehingga meningkatkan ketahanan korosi bahan. Selain hal tersebut, kadar Nikel yang lebih tinggi pada SS304 juga meningkatkan ketahanan terhadap korosi sumuran dan korosi celah, sehingga cocok digunakan pada komponen perpipaan dan katup yang beroperasi pada lingkungan yang mengandung fluida korosif. Kemampuan *repassivation* yang dimiliki SS304 semakin mendukung penggunaannya karena lapisan pelindung dapat terbentuk kembali setelah terjadi kerusakan ringan pada permukaan bahan.

Bahan rumah katup dipilih menggunakan SS304, karena memiliki kombinasi sifat mekanik yang baik dan ketahanan korosi yang tinggi. AISI 304 merupakan paduan Fe-Cr-Ni yang banyak digunakan pada berbagai aplikasi industri, karena memiliki ketahanan korosi dan kekuatan mekanik yang baik (Alifah & Fahrani, 2025). Ketahanan korosi tersebut diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida Kromium pasif pada permukaan bahan yang mampu melindungi logam dari lingkungan korosif. Oleh karenanya, SS304 sangat sesuai digunakan sebagai bahan rumah katup bola ukuran 0,5 inci yang memerlukan umur pakai panjang dan keandalan tinggi.

Ketahanan korosi baja tahan karat pada dasarnya dikendalikan oleh perlindungan lapisan oksida permukaan. Kerusakan lapisan pasif pada baja tahan karat menginduksi retak korosi tegangan (*SCC/Stress Corrosion Cracking*) (Zhang dkk., 2019). Dalam konteks produksi katup bola, aspek ketahanan korosi sangat kritis karena katup bersentuhan langsung dengan fluida kerja. Lapisan pasif yang terbentuk secara alami pada permukaan SS304 memberikan perlindungan terhadap serangan korosi. Pemesinan (*machining*) dalam produksi katup harus didesain sedemikian rupa agar tidak merusak integritas lapisan pasif tersebut.

Penurunan porositas mikro selama pembentukan awal, untuk yang dikaji dalam parameter cetakan oleh Saputra & Yudianto (2018), memastikan distribusi tegangan merata di seluruh penampang bodi katup saat beroperasi pada tekanan kerja nominal.

Degradasi bahan akibat interaksi kimia dengan lingkungan kerja atau fluida kerja merupakan faktor penentu umur pakai (*lifetime*) dari katup bola SS304. Ketika katup dipasang dalam sistem instalasi pemipaan yang melibatkan sambungan dengan logam tak sejenis, potensi terjadinya korosi galvanik meningkat akibat perbedaan potensial elektrokimia antar-bahan. Arus elektron yang mengalir dari logam yang lebih anodik menuju SS304 dapat mempercepat laju kerusakan struktural jika tidak diantisipasi sejak tahap desain bodi katup.

Hasil penelitian Nugraha dkk. (2024) menunjukkan bahwa SS04 merupakan bahan yang sangat cocok digunakan pada peralatan industri pangan, khususnya *heating tank*. Ketahanan korosi yang tinggi mampu menjaga mutu produk dari risiko kontaminasi, sedangkan sifat *food grade* menjadikannya selamat untuk kontak langsung dengan bahan pangan. Selain hal tersebut, kemudahan fabrikasi dan biaya yang relatif terjangkau memberikan keuntungan dari sisi teknis maupun ekonomi. Oleh karenanya, penggunaan SS304 dapat menjadi pilihan yang tepat dalam desain dan pembuatan peralatan industri yang membutuhkan kebersihan, ketahanan, dan efisiensi biaya.

Pembentukan geometri katup bola dengan tingkat kepresisian tinggi memerlukan landasan teori pemesinan modern yang berbasis pada komputerisasi atau *Computer Numerical Control* (CNC). Prinsip dasar pemesinan CNC menggunakan integrasi sistem mekanis presisi tinggi dan pemodelan jalur pahat terprogram guna mereduksi kesalahan manusia yang sering terjadi pada mesin konvensional. Melalui pergerakan pahat yang dikendalikan oleh kode numerik, akurasi dimensi pada bagian-bagian kritis katup untuk dudukan (*seat*) dan diameter dalam bodi katup dapat dipertahankan dalam batas toleransi mikrometer. Bukhari dkk. (2024) mengemukakan bahwa regulasi sistem mekanis pada mesin CNC secara langsung mengendalikan stabilitas pemotongan, yang menjadi prasyarat utama untuk menghasilkan geometri produk yang identik dalam skala produksi massal yang kontinu.

Keberhasilan pemesinan bodi katup SS304 sangat dipengaruhi oleh interaksi dinamis antara parameter potong yang meliputi kecepatan potong (V_c), gerak makan (f), dan kedalaman potong (a_p). Penentuan kombinasi ketiga parameter tersebut menentukan besarnya gaya potong yang dihasilkan dan temperatur pada zona deformasi primer di ujung pahat. Bukhari dkk. (2024) menguraikan bahwa variasi nilai f dan V_c memegang peranan dominan dalam pembentukan profil kekasaran permukaan (*surface roughness*) benda kerja, yang mana pemilihan parameter yang tidak tepat dapat memicu getaran (*chatter*) yang merusak kualitas geometris. Pada pemesinan paduan SS304, implementasi teknologi pemesinan kinerja tinggi (*high performance machining*) membutuhkan konfigurasi geometri pahat potong yang spesifik agar evakuasi beram dapat berjalan lancar tanpa menyumbat area pemotongan (Çiçek dkk., 2021).

Mekanisme pembentukan beram pada paduan SS304 yang mengandung unsur timbal memiliki karakteristik tersendiri akibat sifat pelumasan internal. Kondisi tersebut memungkinkan penggunaan kecepatan potong (V_c) yang lebih tinggi dengan risiko keausan pahat yang relatif rendah jika dibandingkan dengan pemesinan baja atau aluminium. Çiçek dkk. (2021) membuktikan bahwa desain alat potong khusus dengan sudut garuk dan sudut bebas yang dioptimalkan mampu mereduksi gaya potong secara signifikan saat memproses paduan CuZn₄₀Pb₂, sehingga mencegah terjadinya penyimpangan dimensi bodi katup. Pengendalian kedalaman potong (a_p) pada tahap penyelesaian akhir (*finishing*) dikombinasikan dengan gerak makan (f) yang rendah menjadi kunci utama dalam mencapai nilai kekasaran permukaan minimal, yang krusial untuk mencegah kebocoran fluida pada area kontak mekanis katup.

Analisis mekanika fluida statis dan dinamis pada celah katup bola ukuran 0,5 inci menjadi dasar teoretis untuk memahami perilaku aliran sirkulasi di dalam sistem perpipaan. Ketika fluida melewati katup, perubahan luas penampang aliran akibat variasi sudut bukaan katup menyebabkan perubahan profil kecepatan dan distribusi tekanan fluida secara drastis. Berdasarkan hukum kontinuitas dan prinsip Bernoulli, penyempitan saluran pada kondisi katup terbuka sebagian mengakibatkan peningkatan kecepatan linear fluida yang disertai dengan penurunan tekanan statis secara tajam. Rahmi dkk. (2018b) menjelaskan bahwa analisis perbedaan tekanan antara kondisi katup terbuka penuh (*full open*) dan tertutup penuh (*full closed*) menggunakan pendekatan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) memberikan visualisasi akurat mengenai lokasi penumpukan tegangan geser akibat turbulensi fluida di sekitar bola katup.

Penurunan tekanan yang ekstrem melewati ambang batas tekanan uap jenuh fluida pada celah katup dapat memicu fenomena kavitasi, yaitu pembentukan gelembung uap mikro yang merusak permukaan internal katup saat gelembung tersebut pecah. Impak mikro akibat runtuhnya gelembung kavitasi secara berulang menimbulkan erosi mekanis pada permukaan bodi dan bola katup, yang berujung pada kegagalan fungsi kerapatan katup. Asriati dkk. (2021) menyatakan bahwa simulasi berbasis dinamika fluida terkomputerisasi menunjukkan adanya korelasi kuat antara variasi sudut bukaan katup dengan besarnya penurunan tekanan (*pressure drop*) dan intensitas kavitasi yang terjadi di dalam bodi *control valve* tipe *ball valve*. Pemodelan matematis terhadap hambatan aliran dan koefisien aliran katup ukuran 0,5 inci tersebut menjadi instrumen evaluasi penting guna memastikan desain geometri katup mampu meminimalkan rugi aliran (*head loss*) dan menjaga stabilitas operasional sistem pemipaan.

3. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan produksi katup SS304 ukuran 0,5 inci tersebut diawali dengan penyiapan bahan baku berupa batangan SS304 standar industri paduan Cr-Ni yang memiliki homogenitas struktur mikro yang baik. Peralatan utama yang dikerjakan dalam sistem produksi tersebut mencakup mesin bubut CNC dan mesin *milling* CNC sebagai penggerak utama pembentukan komponen presisi, didukung oleh integrasi perangkat lunak CAD/CAM untuk SolidWorks dan Mastercam. Landasan pemilihan spesifikasi sistem manufaktur dan metode evaluasi terhadap penyimpangan gerak pahat mengacu pada studi kinerja mekanis dari Saputra & Yudianto (2024). Tahapan kerja operasional dirancang dalam alur linier yang sistematis, dimulai dari pemodelan geometris 3D katup bola ukuran 0,5 inci pada modul CAD. Model digital tersebut kemudian diekstrak menjadi kode numerik (*G-code*) melalui pemrograman CAM untuk menentukan strategi lintasan penyayatan optimal. Langkah berikutnya adalah pengaturan pencekaman bahan (*fixture setting*) pada meja kerja mesin guna menjamin stabilitas posisi benda kerja saat menerima gaya potong. Pemesinan dijalankan secara otomatis berdasarkan kode yang telah diunggah, disusul dengan pembersihan sisa-sisa beram (*finishing*) permukaan, dan diakhiri dengan perakitan komponen internal katup yang mencakup bola (*ball*), bantalan karet (*seat*), dan tuas pemutar eksternal, yang mana prosedur rekayasa mekanis tuas pembuka katup mengadaptasi tahapan kerja yang dikembangkan oleh Anjiu dkk. (2021).

Fase akhir dari metodologi tersebut berfokus pada pengendalian kualitas produk melalui serangkaian instrumen pengujian geometris dan mekanis guna memastikan pencapaian kapasitas produksi konstan 2 biji/jam tetap diimbangi dengan mutu tinggi. Pengukuran akurasi dimensi dan toleransi linier pada bodi katup SS304 dilakukan secara komparatif memanfaatkan

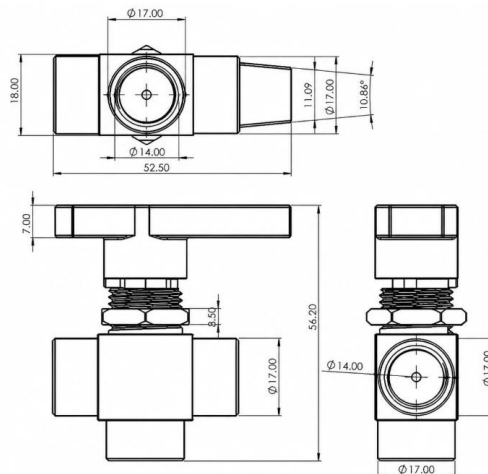
Coordinate Measuring Machine (CMM) dan mistar sorong digital (*digital vernier calipers*). Prosedur pengukuran dan teknik reduksi variabilitas data metrologi tersebut mengacu pada metodologi eksperimental yang divalidasi oleh Alsoufi dkk. (2025) mengenai akurasi produk hasil pemesinan CNC. Untuk menguji keandalan fungsional katup dalam menahan tekanan operasional, uji kebocoran hidrostatik diaplikasikan dengan cara mengalirkan fluida cair bertekanan ke dalam katup pada posisi menutup penuh guna mendeteksi adanya kebocoran mikro pada celah katup. Karakteristik kekuatan mekanis permukaan bodi katup pascapemesinan kemudian diverifikasi melalui uji kekerasan Rockwell atau Vickers pada area yang mengalami kontak mekanis intensif. Kombinasi metode pengukuran dan pengujian fisik tersebut memberikan validasi komprehensif bahwa parameter pemesinan CNC yang direkayasa mampu menghasilkan katup bola SS304 yang presisi dan bebas dari cacat struktural.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain 3D sebagaimana Gambar 1 dan desain dimensi detail komponen katup bola SS304 0,5” sebagaimana Gambar 2.



Gambar 1. Desain 3D dan Dimensi Detail Komponen Katup SS304 Ukuran 0,5.



Gambar 2. Desain Dimensi Detail Komponen Katup Bola SS304 Ukuran 0,5.

Hasil pemodelan geometris komponen utama katup bola SS304 ukuran 0,5 inci dievaluasi untuk memastikan kesesuaian fungsional antar-elemen penyusunnya. Konfigurasi struktural yang mencakup bodi katup, bola pemutar (*ball*), tangkai (*stem*), dan penutup (*cap*) dirancang secara terintegrasi dengan mempertimbangkan batas toleransi perakitan kedap fluida. Detail visualisasi geometris beserta distribusi dimensi linier dari desain. Penentuan ketebalan dinding bodi katup pada pemodelan tersebut mengacu pada prinsip ketahanan struktural terhadap tekanan internal sirkulasi fluida. Pemodelan awal tersebut menjadi dasar krusial sebelum dilakukan pemesinan fisik, sebab kesalahan geometri sekecil apapun memicu konsentrasi tegangan yang tinggi saat komponen menerima beban hidraulik. Evaluasi kekuatan desain bodi katup menggunakan metode elemen hingga telah dibuktikan oleh Herlambang (2020), yang mana visualisasi distribusi tegangan akibat tekanan fluida internal sangat membantu dalam mengidentifikasi titik kritis penyimpangan desain sebelum manufaktur massal dieksekusi.

Efisiensi siklus waktu pengerjaan (*cycle time*) untuk mengejar target kapasitas produksi konstan sebanyak 2 biji/jam dicapai melalui strategi optimasi jalur pemotongan pahat (*toolpath*). Simulasi pergerakan pahat potong dilakukan menggunakan perangkat lunak CAM untuk memetakan tahapan penyayatan kasar (*roughing*) hingga penyelesaian akhir (*finishing*) secara presisi. Pola pergerakan lintasan pahat dan eksekusi program G-code yang diterapkan pada bodi katup divisualisasikan pada Gambar 2. Simulasi Jalur Pemotongan Pahat CNC (Toolpath G-Code) pada Bodi Katup. Optimasi parameter potong difokuskan pada sinkronisasi antara kecepatan potong (V_c), laju pemakanan (f), dan kedalaman potong (a_p) guna mengeliminasi gerakan pahat yang tidak produktif (*air cutting*). Pendekatan optimasi berbasis simulasi perangkat lunak tersebut sejalan dengan temuan Hendra dkk. (2022), yang menyatakan bahwa komparasi intensif antara waktu pemesinan riil dan estimasi program *Coordinate Measuring Machine* (CMM) terbukti mampu mereduksi waktu tunggu produksi secara signifikan tanpa mengorbankan integritas permukaan bahan.

Pengukuran dimensional terhadap komponen katup SS304 hasil bubut CNC menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dengan variabilitas deviasi yang berada dalam batas toleransi aman. Evaluasi metrologi menggunakan mistar sorong digital dan CMM mendeteksi adanya penyimpangan ukuran yang sangat minimal pada diameter internal bodi katup dan kebulatan komponen bola pemutar. Stabilitas dimensi tersebut membuktikan bahwa pengaturan pencekaman bahan (*fixture*) dan akurasi gerak pemotongan mesin CNC berfungsi optimal selama produksi berlangsung. Karakteristik deviasi ukuran pada komponen silindris hasil pemesinan otomatis tersebut memperkuat kajian eksperimental dari Alsoufi dkk. (2025),

yang menguraikan bahwa akurasi dimensional komponen hasil bubut CNC sangat dipengaruhi oleh rigiditas pengekanan dan karakteristik pemotongan bahan logam paduan. Keberhasilan mempertahankan penyimpangan dimensi pada tingkat minimal tersebut menjadi penentu utama dalam memastikan komponen internal katup dapat dirakit secara presisi tanpa menciptakan celah mikro.

Pengujian sifat mekanik dan keandalan struktural dilakukan untuk memverifikasi kinerja katup SS304 pascapemesinan ketika dihadapkan pada kondisi kerja nyata. Pengukuran kekerasan permukaan bodi katup menghasilkan nilai yang seragam, menandakan bahwa panas yang timbul selama penyayatan kecepatan tinggi tidak mengubah karakteristik metalurgi luar paduan Cu-Zn secara negatif. Validasi fungsional kemudian diperkuat melalui uji tekan hidrostatik pada batasan tekanan operasional mencapai 10 bar dalam posisi katup menutup penuh. Hasil pengujian menunjukkan tidak ada rembesan fluida pada area dudukan katup, yang mengonfirmasi kesempurnaan kontak mekanis antara bola dan bantalan karet. Ketahanan fisik bodi katup SS304 terhadap tekanan hidrolik tersebut memvalidasi analisis kekuatan struktural berbasis elemen hingga yang dilakukan oleh Rahmi dkk. (2018a), yang mana batas kekuatan bahan dalam menahan beban tekanan fluida statis atau dinamis menjadi tolok ukur utama dalam memprediksi keandalan operasional katup bola agar setara dengan standar industri katup komersial.

Analisis kelayakan operasional dan keekonomian dalam lini produksi katup SS304 (*ball valve*) ukuran 0,5 inci didasarkan pada perhitungan rinci dari elemen-elemen kerja manufaktur dan biaya riil pengerjaan komponen. Pengumpulan data dilakukan secara sekuensial melalui pencatatan waktu standar (*time study*) pada setiap tahapan produksi, mulai dari persiapan bahan baku hingga tahapan kendali mutu akhir (*quality control*) dan pengemasan.

Distribusi waktu/element kerja menunjukkan bahwa fase pemesinan dengan komputer numerik (*CNC Machining*) mendominasi penggunaan durasi total secara signifikan. Tahapan pemesinan bubut CNC *roughing* untuk bodi utama katup memerlukan waktu pengerjaan terlama, yakni selama 7 menit, diikuti secara ketat oleh tahapan *finishing* dan pembentukan ulir (*threading*) internal maupun eksternal berukuran 0,5 inci yang menghabiskan durasi selama 6 menit. Tingginya alokasi waktu pada kedua sektor utama tersebut disebabkan oleh karakteristik mekanik bahan SS304 yang menuntut parameter kecepatan potong (*cutting speed*) dan gerak makan (*feed rate*) yang sangat presisi demi meminimalkan tingkat kekasaran permukaan (*surface roughness*) dan mencegah terjadinya kegagalan geometri ulir katup. Komponen biaya operasional sekunder, untuk penyetelan kalibrasi (*setting fixture*), perakitan

komponen internal dengan *seal* Teflon PTFE, hingga pengujian hidrostatik memiliki kontribusi biaya yang relatif konstan dan efisien berkat diterapkannya standarisasi langkah kerja operasional yang ketat di area bengkel.

Melalui penerapan pola kerja sekuensial yang terstruktur atau pembentukan lintasan produksi paralel menggunakan sistem pengecaman multi-komponen (*multi-fixture setup*), laju produksi konstan senilai 2 biji/jam terbukti secara teknis sangat rasional untuk dicapai. Mekanisme optimal tersebut dapat dimungkinkan karena operator rantai kerja mampu memposisikan beberapa bahan batangan SS304 sekaligus pada kedudukan meja mesin CNC dalam satu siklus pembacaan program (*G-code running*). Selagi pemesinan otomatis berjalan untuk pembentukan bodi katup pada unit kedua, operator dapat melakukan aktivitas penyelesaian manual secara paralel (tumpang tindih waktu) untuk perakitan, pembersihan geram potong (*deburring*), dan pengujian kebocoran hidrostatik pada katup unit pertama yang telah selesai dibubut sebelumnya. Pengurangan waktu non-produktif (*idle time*) melalui integrasi metode *multi-fixture* dan penyetelan linier tersebut berhasil memotong waktu siklus efektif (*effective cycle time*)/unit menjadi di bawah 30 menit dalam kondisi manufaktur kontinu (*continuous manufacturing*), sehingga target kapasitas output fungsional industri skala menengah ke atas dapat dipenuhi secara stabil dan konsisten. Estimasi biaya dan waktu produksi katup bola SS304, ukuran 0,5” sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Estimasi Biaya Produksi dan Waktu Produksi Katup Bola SS304, Ukuran 0,5”

No.	Tahapan Proses	Biaya Produksi (Rp)	Durasi Proses (Menit)
1	Desain desain katup bola ukuran 0,5”	5.000	2
2	Pemodelan geometris 3D dan simulasi menggunakan perangkat lunak CAD/CAM untuk mengekstrak kode numerik (G-code) dan menentukan strategi lintasan penyayatan dalam pemesinan	10.000	4
3	Optimasi parameter pemotongan (kecepatan potong/ <i>cutting speed</i>), laju pemakanan/ <i>feed rate</i>), dan kedalaman potong/ <i>depth of cut</i>)	5.000	2
4	Pemesinan CNC untuk komponen katup bola	20.000	8
5	Desain tuas plastik katup bola	4.000	1
6	Desain cetakan tuas plastik katup bola	6.000	2
7	Pencetakan tuas plastik katup bola	8.000	3
8	Perakitan komponen katup bola)	7.000	3
9	Uji hidraustatik katup bola pada tekanan 10 Bar	5.000	2
10	Pemeriksaan mutu-dimensi dan pengemasan	5.000	3
	Jumlah	75.000	30
	Pajak 10%	7.500	
	Laba 15%	11.250	
	Total/Harga jual/unit	93.750	

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil produksi katup bola dengan rumah katup dari bahan stainless steel, SS304 dengan diameter bola katup berukuran 0,5” dengan total biaya produksi Rp 75.000,-/unit, dan durasi proses 30 menit/unit yang berdampak bahwa katup bola dapat digunakan di berbagai instalasi air di kawasan industri maupun di lingkungan rumah tangga.

Saran tindak lanjut dari simpulan adalah perlu penelitian tingkat keausan mata pahat potong (*tool wear analysis*) secara mendalam untuk pengerjaan kontinyu dalam durasi panjang di atas 8 jam, dan perlu penerapan sistem otomatisasi untuk memangkas waktu non-produktif secara signifikan sekaligus meningkatkan kapasitas produksi ke skala industri massal yang lebih luas dan kontinyu.

DAFTAR REFERENSI

- Addai, R., Olowoyo, T. E., Henderson, J. D., Standish, T. E., Eduok, U. & Hedberg, Y. S. (2024). Tribocorrosion and Metal Release from Austenitic Stainless Steels 304 and 201 in Simulated Cassava Food Contact. *Tribology International*, 195, 109656. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2024.109656>
- Alifah, F. N. & Fahriani, V. P. (2025). Enhancing Corrosion Resistance: a Comprehensive Study on Stainless Steel AISI 304. *Dinamika Teknik Mesin*, 10(1), 60-70. <https://doi.org/10.21831/dinamika.v10i1.77644>
- Alsoufi, M. S., Bawazeer, S. A., Alhazmi, M. W., Hijji, H. H., Alhazmi, H. & Alqurashi, H. F. (2025). Dimensional Accuracy and Measurement Variability in CNC-Turned Parts Using Digital Vernier Calipers and Coordinate Measuring Machines Across Five Materials. *Materials*, 18(12), 2728. <https://doi.org/10.3390/ma18122728>
- Anjiu, L. D., Suhendra, S. & Fahrizal, I. (2021). Rancang Bangun dan Uji Performansi Alat Pembuka Katup Menggunakan Mekanisme Tuas. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 5(2), 45-52. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v5i2.866>
- Asriati, S. Q., Nasrul, Z. A., Muhammad, M., Jalaluddin, J. & Azhari, A. (2021). Simulasi Pengaruh Buka-an Valve terhadap Pressure Drop dan Kavitas pada Control Valve Tipe Ball Valve dengan Menggunakan Software Autodesk CFD (Computational Fluid Dynamics). *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 1(2), 46-55. <https://doi.org/10.29103/cejs.v1i2.5443>
- Bukhari, K., Azwar, Y., Hamdani, & Amalia, H. (2024). Analisis Kualitas Permukaan Benda Kerja Al-6061 Hasil Pemesanan Dengan Mesin CNC Milling. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, 10(1), 9-17. <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/4421277>
- Çiçek, S., Altun, A., Zoghi-pour, N. & Kaynak, Y. (2021). Designing a Special Cutting Tool for High Performance Machining of CuZn40Pb2 Brass Alloy. *Journal of Advances in Manufacturing Engineering*, 2(2), 25-32.
- Fina, F. (2025). Analisis Kerusakan Pemipaan Kapal Penumpang Akibat Kebocoran Valve di PT. Janata Marina Indah. *Skripsi*. Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Maritim AMNI, Semarang, 8-20.

- Hendra, H., Saputra, Y., Putri, P., Hernadewita, H. & Nasril, N. (2022). Perbandingan Pembuatan Produk Menggunakan Simulasi Program CNC dan CNC Milling. *Metal: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal*, 6(1), 53-59.
- Herlambang, B. (2020). Analisis Kekuatan Gate Valve 2 9/16 3.000 Psi Akibat Tekanan Fluida Menggunakan Finite Element Analysis Solidworks 2018. *Jurnal Teknik Mesin dan Mekatronika (Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics)*, 5(1), 21-27. <https://doi.org/10.33021/jmem.v5i1.960>
- Nasution, A., Ibrahim, A., Jufriadi, J. & Syamsuar, S. (2021). Analisa Paduan Cu-Zn Tanpa Timbal Setelah Proses Annealing. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 5(1), 38-45.
- Nugraha, G. R., Abdillah, H. & Irawan, B. (2024). Analisis Penggunaan Stainless Steel 304 pada Mesin Heating Tank di PT Pachira Distrinusa. *Innovative: Journal of Social Science Research*, 4(6), 7823-7830. <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i6.35515>
- Rahmi, M., Canra, D. & Suliono, S. (2018a). Analisis Kekuatan Ball Valve Akibat Tekanan Fluida Menggunakan Finite Element Analysis. *Jurnal Teknologi Terapan (JTT)*, 4(2), 79-84. <https://doi.org/10.31884/jtt.v4i2.122>
- Rahmi, M., Canra, D. & Suliono, S. (2018b). Analisis Perbedaan Tekanan Fluida pada Ball Valve Kondisi Full Closed dan Full Open dengan Computational Fluid Dynamics. *Jurnal Teknologi Terapan (JTT)*, 4(1). <https://doi.org/10.31884/jtt.v4i1.83>
- Saputra, L. D. & Yudianto, E.(2024). Analisis Performa Mesin CNC Milling Mini 3 Sumbu terhadap Akurasi Gerak Pemotongan. *Journal of Mechanical Engineering*, 1(3). DOI:<https://doi.org/10.47134/jme.v1i3.3117>
- Saputra, M. K. B. & Yulianto, A. (2018). Sifat Fisis dan Mekanis Pengecoran Logam Kuningan dengan Tinggi Saluran Turun 100 mm dan Diameter Lubang 20 mm. Simposium Nasional RAPI XXIII-2024 FT UMS. 193-202. <https://proceedings.ums.ac.id/rapi/article/view/6209>
- Sugita, I. K., Mara, M., Priambadi, I. G. N. & Nuarsa, I. M. (2023). Pengaruh Variasi Ketebalan Saluran dan Temperatur Tuang terhadap Fluiditas dan Porositas Hasil Pengecoran Kuningan pada Pengecoran Evaporatif. *Dinamika Teknik Mesin*, 13(1), 84-93. <https://doi.org/10.29303/dtm.v13i1.627>
- Sujendro, S., Anjani, R. D. & Santosa, A. (2023). Pengaruh Temperatur Pemanasan pada Proses Penempaan Pembuatan Katup Gas. *Quantum Teknika: Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 5(1), 37-42. <https://doi.org/10.18196/jqt.v5i1.19113>
- Wang, X., Li, Y., Wang, J. & Zhang, M. (2019). Characterization of Passive Films Formed on as-Received and Sensitized AISI 304 Stainless Steel. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 32, 30. <https://doi.org/10.1186/s10033-019-0336-8>
- Wicaksono, O. D. & Prayogi, E. (2021). Perancangan B-Axis pada Mesin Bubut Konvensional untuk Proses Perbaikan Katup Bola (Ball Valve). *Jurnal Syntax Admiration*, 2(3), 453-464. <https://doi.org/10.46799/jsa.v2i3.196>