



Pengurangan Defect Pada Proses Casting Dan Pengoptimalan Bahan Sisa Casting Di PT ABC

Asya Anggita¹, Mohamad Yuda Pratama² Muhamad Atim³, Sumarni⁴

^{1,2,3,4}Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

asyaanggita99@gmail.com¹, mohamadyudapratama2@gmail.com², muhamadatim26@gmail.com³, marnidua62@gmail.com⁴

Abstrak

PT ABC merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi piston kendaraan roda dua dan roda empat untuk pasar dalam negeri dan luar negeri, khususnya kawasan Timur Tengah. Dalam proses produksinya, perusahaan menggunakan metode manual casting dengan material aluminium cair. Namun pada proses produksi ditemukan tingkat defect yang cukup tinggi sehingga menyebabkan rendahnya jumlah produk good product dan meningkatnya pemborosan material aluminium. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab defect pada proses casting serta memberikan usulan perbaikan guna mengurangi cacat produk dan mengoptimalkan penggunaan bahan sisa casting. Metode penelitian yang digunakan yaitu observasi langsung, wawancara, dan analisis menggunakan pendekatan fishbone diagram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa defect yang sering terjadi berupa retak, porosity, aluminium tidak mengisi cetakan secara sempurna, dan lubang udara pada piston. Tingkat defect pada produksi piston kecil mencapai 70%, sedangkan piston besar sebesar 16,67%. Faktor penyebab defect berasal dari manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan kerja. Usulan perbaikan dilakukan melalui standarisasi parameter casting, peningkatan ventilasi cetakan, pelatihan operator, pengendalian material, serta pemanfaatan kembali sisa aluminium hasil produksi. Dengan penerapan usulan perbaikan tersebut, perusahaan diharapkan mampu meningkatkan kualitas produk, menurunkan defect, dan meningkatkan efisiensi proses manufaktur.

Kata kunci: Proses Casting, Defect Produk, Diagram Fishbone

1. Pendahuluan

Industri manufaktur merupakan salah satu sektor yang memiliki peran penting dalam pertumbuhan ekonomi karena mampu menghasilkan nilai tambah melalui transformasi bahan baku menjadi produk jadi yang bernilai tinggi. Di tengah persaingan global yang semakin ketat, perusahaan manufaktur dituntut untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi dengan biaya produksi yang efisien agar mampu mempertahankan daya saing di pasar internasional. Kualitas produk menjadi faktor strategis yang menentukan kepuasan pelanggan, loyalitas konsumen, serta keberlanjutan bisnis perusahaan (Heizer et al., 2020).

Salah satu industri manufaktur yang memiliki tuntutan kualitas tinggi adalah industri komponen otomotif. Dalam industri ini, setiap komponen yang diproduksi harus memenuhi spesifikasi teknis yang ketat karena berhubungan langsung dengan keselamatan dan performa kendaraan. Piston merupakan salah satu komponen utama pada mesin pembakaran dalam yang berfungsi mengubah energi hasil pembakaran menjadi gerak mekanis. Oleh karena itu, kualitas piston harus memenuhi standar dimensi, kekuatan mekanik, dan ketahanan termal yang tinggi agar mampu bekerja secara optimal selama masa penggunaan kendaraan (Kalpakjian & Schmid, 2019).

Produksi piston umumnya dilakukan melalui proses pengecoran logam (casting). Casting merupakan proses manufaktur yang dilakukan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan hingga membentuk geometri tertentu sesuai desain produk. Metode ini banyak digunakan karena mampu menghasilkan bentuk yang kompleks dengan biaya produksi yang relatif rendah dibandingkan proses pembentukan lainnya. Namun demikian, proses casting memiliki berbagai tantangan teknis yang dapat memengaruhi kualitas produk akhir, seperti ketidakstabilan temperatur logam cair, kesalahan proses penuangan, serta kualitas cetakan yang kurang optimal (Groover, 2020). Kualitas produk hasil casting sangat dipengaruhi oleh parameter proses produksi. Menurut Campbell (2015), pengendalian temperatur logam cair, kecepatan penuangan, sistem ventilasi cetakan, serta waktu pendinginan merupakan faktor utama yang menentukan keberhasilan proses pengecoran. Ketidaksesuaian parameter tersebut dapat menyebabkan berbagai jenis cacat produk (casting defects) seperti porosity, shrinkage, crack, blow hole, dan misrun yang pada akhirnya menurunkan kualitas produk serta meningkatkan biaya produksi.

Defect atau cacat produk merupakan salah satu indikator penting dalam evaluasi kinerja proses manufaktur. Defect didefinisikan sebagai kondisi ketika suatu produk tidak memenuhi spesifikasi atau standar kualitas yang telah ditetapkan perusahaan maupun pelanggan. Tingginya tingkat defect akan berdampak pada meningkatnya biaya rework, scrap, konsumsi bahan baku, serta menurunkan produktivitas perusahaan (Montgomery, 2020). Oleh karena itu, identifikasi dan pengendalian defect menjadi bagian penting dalam sistem manajemen kualitas modern.

Dalam perspektif Total Quality Management (TQM), pengurangan defect harus dilakukan melalui pendekatan perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) yang melibatkan seluruh elemen organisasi. Pendekatan ini menekankan pentingnya identifikasi akar penyebab masalah sehingga tindakan korektif yang diterapkan mampu memberikan dampak jangka panjang terhadap peningkatan kualitas produk (Goetsch & Davis, 2021). Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah kualitas adalah Fishbone Diagram atau Diagram Sebab-Akibat yang diperkenalkan oleh Ishikawa.

Fishbone Diagram memungkinkan perusahaan mengelompokkan faktor penyebab masalah ke dalam beberapa kategori utama seperti manusia (*man*), mesin (*machine*), metode (*method*), material (*material*), dan lingkungan (*environment*). Metode ini telah banyak digunakan dalam penelitian manufaktur untuk mengidentifikasi faktor dominan penyebab cacat produk karena mampu memberikan gambaran yang sistematis mengenai hubungan antara penyebab dan akibat suatu permasalahan kualitas (Ishikawa, 1985; Gaspersz, 2017).

PT ABC merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi piston kendaraan roda dua dan roda empat untuk pasar domestik maupun ekspor. Dalam proses produksinya, perusahaan masih menggunakan metode manual casting dengan material aluminium cair. Berdasarkan hasil observasi awal ditemukan bahwa proses casting masih menghasilkan tingkat defect yang relatif tinggi, terutama berupa crack, porosity, misrun, dan blow hole. Kondisi tersebut berdampak pada meningkatnya jumlah produk reject, pemborosan bahan baku aluminium, serta menurunkan efisiensi proses produksi secara keseluruhan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas pengendalian kualitas pada proses pengecoran logam menggunakan pendekatan Statistical Quality Control, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), maupun Six Sigma (Rahman et al., 2022; Kumar et al., 2023; Sari et al., 2024). Namun demikian, penelitian yang secara khusus mengkaji hubungan antara faktor penyebab defect casting dengan pengoptimalan pemanfaatan bahan sisa aluminium pada industri piston masih relatif terbatas. Dengan demikian, terdapat kebutuhan untuk melakukan penelitian yang tidak hanya berfokus pada pengurangan defect, tetapi juga pada peningkatan efisiensi penggunaan material melalui pemanfaatan kembali sisa hasil casting.

Perkembangan dunia usaha yang semakin dinamis menyebabkan hubungan hukum antara debitur dan kreditur menjadi semakin kompleks. Berbagai bentuk pembiayaan, pinjaman perbankan, maupun instrumen kredit lainnya mendorong meningkatnya potensi sengketa apabila salah satu pihak tidak mampu memenuhi kewajibannya. Dalam kondisi demikian, keberadaan hukum kepailitan menjadi instrumen penting untuk memastikan bahwa penyelesaian sengketa utang-piutang dilakukan melalui mekanisme yang teratur dan berdasarkan prinsip-prinsip keadilan. Tanpa adanya regulasi yang jelas, penyelesaian utang berpotensi dilakukan secara sepihak sehingga dapat merugikan pihak-pihak yang memiliki kepentingan terhadap harta debitur.

Undang-Undang Nomor 37 Tahun 2004 pada dasarnya dibentuk untuk menciptakan keseimbangan antara kepentingan debitur dan kreditur. Di satu sisi, hukum memberikan kesempatan kepada debitur untuk melakukan restrukturisasi kewajiban melalui mekanisme PKPU. Namun di sisi lain, hukum juga menyediakan perlindungan terhadap kreditur agar hak-haknya tidak terabaikan akibat keterlambatan atau kegagalan pembayaran yang dilakukan debitur. Keseimbangan tersebut menjadi esensi penting dalam sistem kepailitan modern yang tidak hanya berorientasi pada penghukuman, tetapi juga pada pemulihan kondisi keuangan para pihak yang bersengketa. Dalam praktiknya, keberhasilan mekanisme PKPU sangat ditentukan oleh kemampuan debitur dalam menyusun rencana perdamaian yang realistis dan dapat dilaksanakan. Rencana perdamaian tidak hanya memuat janji pembayaran utang, tetapi juga harus didukung oleh kondisi finansial perusahaan yang memadai untuk merealisasikan seluruh kewajiban yang telah disepakati. Ketika proposal perdamaian disusun tanpa mempertimbangkan kemampuan ekonomi yang sebenarnya, maka risiko terjadinya wanprestasi pascahomologasi akan semakin besar. Situasi inilah yang sering menjadi penyebab utama terjadinya pembatalan perdamaian dalam berbagai perkara kepailitan di Indonesia.

Kasus PT Sariwangi menunjukkan bahwa keberhasilan proses PKPU tidak cukup hanya diukur dari tercapainya kesepakatan perdamaian antara debitur dan kreditur. Yang lebih penting adalah bagaimana kesepakatan tersebut dilaksanakan secara konsisten setelah memperoleh pengesahan dari pengadilan. Dalam konteks ini, homologasi tidak sekadar menjadi formalitas hukum, melainkan merupakan instrumen yang memberikan kekuatan mengikat terhadap seluruh isi perjanjian perdamaian. Oleh karena itu, setiap pelanggaran terhadap ketentuan yang telah disepakati dapat menimbulkan konsekuensi hukum yang serius bagi debitur.

Dari sudut pandang perlindungan kreditur, pembatalan homologasi merupakan bentuk jaminan hukum agar kreditur tidak terus-menerus berada dalam ketidakpastian. Apabila debitur diberikan keleluasaan untuk mengabaikan isi perdamaian tanpa konsekuensi yang tegas, maka tujuan utama PKPU sebagai sarana penyelesaian utang akan kehilangan efektivitasnya. Oleh sebab itu, kewenangan pengadilan untuk membatalkan homologasi dan menjatuhkan status pailit merupakan mekanisme kontrol yang penting guna menjaga kredibilitas sistem hukum kepailitan.

Selain menyangkut hubungan antara debitur dan kreditur, perkara kepailitan juga memiliki implikasi yang luas terhadap berbagai pihak lainnya. Kepailitan suatu perusahaan dapat berdampak pada nasib pekerja, pemasok, investor, hingga masyarakat yang bergantung pada aktivitas ekonomi perusahaan tersebut. Akibatnya, setiap

putusan kepailitan harus mempertimbangkan berbagai aspek hukum dan ekonomi secara proporsional agar tidak menimbulkan kerugian yang lebih besar dibandingkan manfaat yang ingin dicapai melalui proses pemberesan harta pailit.

Lebih jauh, kasus PT Sariwangi juga menjadi cerminan bahwa perusahaan dengan reputasi dan skala usaha yang besar sekalipun tidak terlepas dari risiko kepailitan apabila gagal mengelola kewajibannya secara baik. Fakta tersebut menunjukkan bahwa keberlangsungan usaha tidak hanya ditentukan oleh kekuatan merek atau pangsa pasar, tetapi juga oleh kemampuan perusahaan dalam menjaga kesehatan finansial dan memenuhi komitmen hukum terhadap para krediturnya. Dengan demikian, kepatuhan terhadap kewajiban pembayaran utang merupakan salah satu indikator penting dalam menilai tata kelola perusahaan yang baik.

Berdasarkan berbagai permasalahan tersebut, analisis terhadap putusan kepailitan PT Sariwangi menjadi relevan untuk dilakukan sebagai upaya memahami implementasi hukum kepailitan dan PKPU di Indonesia. Kajian ini tidak hanya penting untuk menilai kesesuaian pertimbangan hakim dengan ketentuan peraturan perundang-undangan, tetapi juga untuk mengevaluasi efektivitas mekanisme pembatalan homologasi sebagai instrumen perlindungan hukum bagi kreditor. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu hukum, khususnya dalam bidang hukum bisnis dan kepailitan, serta menjadi referensi dalam penyempurnaan praktik penyelesaian sengketa utang-piutang di masa mendatang.

Dalam perspektif teori kepastian hukum, keberadaan putusan pengadilan yang tegas terhadap debitur yang wanprestasi merupakan manifestasi dari fungsi hukum sebagai sarana menciptakan keteraturan dalam hubungan keperdataan. Kepastian hukum menjadi elemen yang sangat penting dalam transaksi bisnis karena memberikan jaminan bahwa setiap hak dan kewajiban yang telah disepakati akan memperoleh perlindungan serta penegakan hukum yang setara. Oleh sebab itu, pelaksanaan perjanjian perdamaian yang telah memperoleh kekuatan hukum tetap melalui homologasi harus dipandang sebagai kewajiban yang mengikat seluruh pihak, sehingga pelanggaran dapat menimbulkan konsekuensi hukum yang telah ditentukan oleh peraturan perundang-undangan.

Selain kepastian hukum, hukum kepailitan juga mengedepankan prinsip keadilan bagi seluruh kreditor melalui mekanisme penyelesaian secara kolektif. Prinsip ini menjadi penting karena dalam kondisi debitur mengalami kesulitan keuangan, sering kali terdapat persaingan di antara para kreditor untuk memperoleh pelunasan piutangnya terlebih dahulu. Apabila tidak terdapat mekanisme yang terstruktur, maka kreditor yang memiliki posisi lebih kuat berpotensi memperoleh keuntungan yang lebih besar dibandingkan kreditor lainnya. Melalui sistem kepailitan, pembagian harta debitur dilakukan berdasarkan klasifikasi dan prioritas yang telah ditentukan oleh hukum sehingga hak setiap kreditor dapat terlindungi secara proporsional.

Di samping itu, perkembangan praktik bisnis modern menunjukkan bahwa penyelesaian sengketa utang tidak lagi hanya berorientasi pada pemberesan aset debitur, melainkan juga memperhatikan kemungkinan penyelamatan usaha yang masih memiliki prospek ekonomi. Pendekatan ini tercermin dalam keberadaan mekanisme PKPU yang memberikan kesempatan bagi debitur untuk memperbaiki kondisi keuangannya melalui restrukturisasi utang. Dengan demikian, hukum kepailitan modern tidak semata-mata bersifat represif, tetapi juga mengandung fungsi rehabilitatif yang bertujuan menjaga keberlangsungan aktivitas ekonomi serta meminimalkan kerugian yang mungkin timbul akibat likuidasi perusahaan.

Namun demikian, tujuan penyelamatan usaha tersebut hanya dapat tercapai apabila debitur menunjukkan itikad baik dalam melaksanakan seluruh kewajiban yang telah disepakati dalam perjanjian perdamaian. Ketika debitur justru mengabaikan kewajiban tersebut, maka keberadaan PKPU berpotensi disalahgunakan sebagai sarana untuk menunda pembayaran utang tanpa adanya komitmen penyelesaian yang nyata. Kondisi demikian tentu bertentangan dengan tujuan pembentukan Undang-Undang Nomor 37 Tahun 2004 yang pada dasarnya menghendaki terciptanya keseimbangan perlindungan hukum antara debitur dan kreditor. Oleh karena itu, pengawasan terhadap pelaksanaan hasil homologasi menjadi aspek yang sangat penting dalam menjaga integritas sistem kepailitan nasional.

Berkaitan dengan hal tersebut, penelitian terhadap perkara kepailitan PT Sariwangi Agricultural Estate Agency memiliki nilai strategis karena mampu memberikan gambaran empiris mengenai implementasi norma-norma hukum kepailitan dalam praktik peradilan niaga. Analisis terhadap dasar pertimbangan hakim, pelaksanaan perjanjian perdamaian, serta mekanisme pembatalan homologasi dapat menjadi indikator untuk menilai efektivitas penerapan Undang-Undang Nomor 37 Tahun 2004. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi teoritis dalam pengembangan kajian hukum kepailitan, tetapi juga menghasilkan rekomendasi yang bermanfaat bagi peningkatan kualitas penegakan hukum dan penyelesaian sengketa utang-piutang di Indonesia.

Lebih lanjut, eksistensi putusan kepailitan akibat pembatalan homologasi juga memiliki fungsi preventif dalam praktik bisnis. Putusan tersebut memberikan pesan hukum bahwa setiap kesepakatan perdamaian yang telah disahkan oleh pengadilan tidak dapat dipandang sebagai formalitas administratif semata, melainkan merupakan instrumen hukum yang wajib dipatuhi oleh seluruh pihak yang terlibat. Dengan adanya konsekuensi hukum yang tegas terhadap pelanggaran isi perdamaian, diharapkan para debitur dapat lebih berhati-hati dalam menyusun dan

menyetujui rencana pembayaran utang, sementara para kreditur memperoleh jaminan bahwa hak-hak mereka tetap mendapatkan perlindungan apabila terjadi wanprestasi di kemudian hari.

Oleh karena itu, pengkajian terhadap perkara kepailitan PT Sariwangi Agricultural Estate Agency tidak hanya relevan dari aspek normatif, tetapi juga memiliki signifikansi praktis dalam memahami efektivitas mekanisme PKPU sebagai instrumen restrukturisasi utang di Indonesia. Melalui analisis terhadap pembatalan homologasi dan pertimbangan hukum hakim dalam menjatuhkan putusan pailit, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran mengenai sejauh mana prinsip kepastian hukum, keadilan, dan perlindungan hukum telah diimplementasikan dalam penyelesaian sengketa utang-piutang. Dengan demikian, hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi akademisi, praktisi hukum, maupun pelaku usaha dalam memahami dinamika penerapan hukum kepailitan dan PKPU di Indonesia secara lebih komprehensif.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya defect pada proses casting piston di PT ABC menggunakan pendekatan Fishbone Diagram serta merumuskan usulan perbaikan proses produksi guna mengurangi tingkat defect dan mengoptimalkan pemanfaatan bahan sisa casting sehingga dapat meningkatkan kualitas produk dan efisiensi proses manufaktur perusahaan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dengan kombinasi analisis kualitatif dan kuantitatif untuk mengkaji permasalahan defect pada proses casting piston di PT ABC. Pendekatan ini dipilih karena penelitian tidak hanya berfokus pada pengukuran tingkat kecacatan produk, tetapi juga bertujuan mengidentifikasi faktor-faktor penyebab defect serta merumuskan usulan perbaikan yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kualitas produk dan efisiensi penggunaan material. Penelitian dilaksanakan pada area produksi casting piston PT ABC yang memproduksi piston kendaraan roda dua dan roda empat untuk pasar domestik maupun ekspor.

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap seluruh tahapan proses produksi, mulai dari peleburan aluminium, persiapan cetakan, proses penuangan logam cair ke dalam cetakan, pendinginan, hingga proses finishing dan quality control. Observasi dilakukan untuk memperoleh gambaran nyata mengenai kondisi proses produksi serta mengidentifikasi potensi penyebab terjadinya defect pada produk piston. Selain observasi, data primer juga diperoleh melalui wawancara semi-terstruktur dengan operator casting, supervisor produksi, dan petugas quality control guna mendapatkan informasi yang lebih mendalam mengenai kendala produksi, parameter proses yang digunakan, serta faktor-faktor yang memengaruhi kualitas hasil casting.

Sementara itu, data sekunder diperoleh dari dokumen perusahaan yang meliputi laporan produksi, data jumlah produk defect, catatan quality control, serta berbagai dokumen pendukung lainnya yang berkaitan dengan proses produksi piston. Data tersebut digunakan untuk menganalisis tingkat kecacatan produk dan mengevaluasi efektivitas usulan perbaikan yang diterapkan pada proses produksi.

Analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah mengidentifikasi jenis-jenis defect yang ditemukan pada produk hasil casting, seperti crack, porosity, misrun, blow hole, dan shrinkage. Selanjutnya dilakukan perhitungan tingkat defect dengan membandingkan jumlah produk cacat terhadap total produksi yang dihasilkan. Persentase defect dihitung menggunakan rumus defect rate, yaitu jumlah produk defect dibagi total produksi kemudian dikalikan seratus persen. Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat kualitas proses produksi sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan.

Tahap berikutnya adalah melakukan analisis akar penyebab masalah menggunakan Fishbone Diagram atau diagram sebab-akibat yang dikembangkan oleh Ishikawa. Metode ini dipilih karena mampu mengidentifikasi berbagai faktor yang berkontribusi terhadap munculnya defect secara sistematis. Faktor-faktor penyebab dikelompokkan ke dalam lima kategori utama, yaitu manusia (*man*), mesin (*machine*), metode (*method*), material (*material*), dan lingkungan (*environment*). Melalui analisis tersebut dapat diketahui faktor dominan yang memengaruhi terjadinya cacat produk sehingga perusahaan dapat menentukan tindakan perbaikan yang lebih tepat sasaran.

Berdasarkan hasil identifikasi akar penyebab masalah, selanjutnya disusun berbagai usulan perbaikan proses produksi yang meliputi standarisasi parameter casting, pengendalian temperatur aluminium cair, pengaturan waktu pendinginan, peningkatan kualitas ventilasi cetakan, pelatihan operator, serta pengoptimalan pemanfaatan kembali sisa material aluminium hasil produksi. Efektivitas usulan perbaikan kemudian dievaluasi dengan membandingkan tingkat defect sebelum dan sesudah implementasi perbaikan. Melalui tahapan tersebut diharapkan penelitian ini mampu memberikan rekomendasi yang dapat membantu perusahaan dalam menurunkan jumlah produk cacat, meningkatkan kualitas piston yang dihasilkan, serta mengoptimalkan efisiensi penggunaan bahan baku aluminium pada proses produksi casting.

3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil observasi yang dilakukan pada area produksi PT ABC menunjukkan bahwa proses pembuatan piston terdiri atas beberapa tahapan utama, yaitu peleburan aluminium, proses casting, machining, proses CNC, pencucian

produk, dan finishing quality control. Dari seluruh tahapan tersebut, proses casting merupakan tahapan yang paling kritis karena berperan langsung dalam pembentukan geometri awal piston. Kualitas hasil casting sangat menentukan keberhasilan proses-proses berikutnya. Menurut Groover (2020), proses casting merupakan salah satu metode manufaktur yang banyak digunakan untuk menghasilkan komponen dengan bentuk kompleks, namun kualitas produk sangat dipengaruhi oleh stabilitas parameter proses seperti temperatur logam cair, desain cetakan, dan sistem pendinginan.

Berdasarkan data produksi yang diperoleh dari perusahaan, total produksi piston pada periode penelitian mencapai 10.000 unit dengan jumlah produk defect sebanyak 2.750 unit. Dengan demikian, tingkat defect yang dihasilkan mencapai 27,5%, sedangkan jumlah produk yang memenuhi standar kualitas (good product) hanya sebesar 7.250 unit. Tingkat defect tersebut tergolong tinggi untuk industri manufaktur komponen otomotif karena dapat menyebabkan peningkatan biaya produksi, pemborosan material, serta penurunan produktivitas perusahaan. Menurut Montgomery (2020), tingginya tingkat produk cacat merupakan indikator bahwa proses produksi belum berada pada kondisi yang terkendali sehingga diperlukan tindakan perbaikan yang berkelanjutan.

Hasil pengamatan pada bagian quality control menunjukkan bahwa defect yang paling sering ditemukan meliputi crack (retak), porosity, misrun, blow hole, dan shrinkage. Defect jenis crack ditandai dengan munculnya retakan pada permukaan piston akibat ketidakseimbangan proses pendinginan atau tegangan termal yang berlebihan selama proses pembekuan logam. Sementara itu, porosity dan blow hole muncul akibat adanya gas atau udara yang terperangkap di dalam logam cair selama proses penuangan. Menurut Campbell (2015), porosity merupakan salah satu defect yang paling umum ditemukan pada proses aluminium casting dan sering kali disebabkan oleh pengendalian temperatur yang kurang optimal serta sistem ventilasi cetakan yang tidak memadai.

Berdasarkan hasil wawancara dengan operator produksi, diketahui bahwa suhu aluminium cair menjadi salah satu faktor yang sangat menentukan kualitas produk hasil casting. Operator menjelaskan bahwa aluminium cair harus berada pada rentang suhu tertentu agar memiliki fluiditas yang cukup untuk mengisi seluruh rongga cetakan secara sempurna. Hasil observasi menunjukkan bahwa suhu operasi yang digunakan berkisar antara 700°C hingga 750°C. Ketika suhu berada di bawah rentang tersebut, aluminium cenderung membeku lebih cepat sehingga menyebabkan terjadinya misrun atau cetakan tidak terisi penuh. Sebaliknya, suhu yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko pembentukan porosity akibat penyerapan gas yang berlebihan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Kalpakjian dan Schmid (2019) yang menyatakan bahwa pengendalian temperatur merupakan faktor utama dalam menjaga kualitas hasil pengecoran logam.

Selain temperatur, waktu pendinginan juga ditemukan sebagai faktor yang memengaruhi kualitas produk. Berdasarkan hasil pengamatan, waktu pendinginan yang diterapkan pada proses casting berkisar antara 45 hingga 60 detik. Pendinginan yang terlalu cepat menyebabkan terjadinya tegangan termal yang berpotensi menimbulkan retak pada produk, sedangkan pendinginan yang terlalu lama dapat menurunkan produktivitas proses produksi. Hasil ini mendukung teori yang dikemukakan oleh Degarmo et al. (2003) bahwa laju pendinginan memiliki pengaruh signifikan terhadap struktur mikro logam serta kualitas produk hasil pengecoran.

Faktor lain yang berkontribusi terhadap munculnya defect adalah kecepatan penuangan aluminium cair ke dalam cetakan. Karena proses casting di PT ABC masih dilakukan secara manual, kestabilan penuangan sangat bergantung pada keterampilan dan pengalaman operator. Hasil wawancara menunjukkan bahwa waktu ideal penuangan aluminium ke dalam satu cetakan berkisar antara 3 hingga 5 detik. Penuangan yang terlalu cepat berpotensi menyebabkan turbulensi sehingga udara terjebak di dalam cetakan dan menghasilkan porosity maupun blow hole. Sebaliknya, penuangan yang terlalu lambat dapat menyebabkan logam membeku sebelum seluruh rongga cetakan terisi sempurna. Temuan ini sejalan dengan pendapat Campbell (2015) yang menyatakan bahwa turbulensi aliran logam cair merupakan salah satu penyebab utama cacat internal pada produk hasil casting.

Untuk mengidentifikasi akar penyebab defect secara lebih komprehensif, penelitian ini menggunakan Fishbone Diagram dengan pendekatan 5M+E, yaitu man, machine, method, material, dan environment. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor manusia (man) berkaitan dengan kurangnya konsistensi operator dalam menjaga stabilitas proses penuangan aluminium. Faktor mesin (machine) berkaitan dengan kondisi ventilasi cetakan yang belum optimal sehingga udara masih sering terjebak di dalam rongga cetakan. Faktor metode (method) menunjukkan bahwa perusahaan belum memiliki standar parameter casting yang terdokumentasi secara rinci sehingga terjadi variasi proses antaroperator. Faktor material (material) berkaitan dengan kualitas aluminium daur ulang yang belum sepenuhnya terkontrol, sedangkan faktor lingkungan (environment) berkaitan dengan suhu area kerja yang tinggi dan kondisi area produksi yang masih dipenuhi sisa material hasil produksi.

Hasil analisis Fishbone Diagram memperlihatkan bahwa faktor metode dan manusia merupakan faktor dominan yang memengaruhi tingginya defect pada proses casting. Temuan ini sesuai dengan konsep Total Quality Management (TQM) yang dikemukakan oleh Goetsch dan Davis (2021), bahwa sebagian besar permasalahan kualitas dalam organisasi tidak hanya disebabkan oleh faktor teknis, tetapi juga oleh sistem kerja, standar operasional, dan kompetensi sumber daya manusia. Oleh karena itu, perbaikan kualitas harus dilakukan secara menyeluruh melalui standarisasi proses dan peningkatan kompetensi operator.

Selain permasalahan defect produk, penelitian ini juga menemukan adanya pemborosan material aluminium yang berasal dari runner, gate, serta produk reject hasil casting. Material sisa tersebut sebagian besar masih dapat dimanfaatkan kembali melalui proses peleburan ulang. Berdasarkan hasil observasi, perusahaan belum memiliki sistem pemisahan material yang terstruktur sehingga potensi pemanfaatan kembali aluminium belum optimal. Menurut Heizer et al. (2020), efisiensi penggunaan material merupakan salah satu indikator penting dalam manajemen operasi karena berkontribusi langsung terhadap pengurangan biaya produksi dan peningkatan produktivitas perusahaan.

Sebagai tindak lanjut dari hasil analisis, perusahaan menerapkan beberapa program perbaikan yang meliputi standarisasi temperatur aluminium cair, pengaturan waktu pendinginan, peningkatan kualitas ventilasi cetakan, pelatihan operator, serta pengoptimalan pengelolaan bahan sisa aluminium. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa jumlah defect berhasil diturunkan dari 2.750 unit menjadi 1.580 unit atau mengalami penurunan dari 27,5% menjadi 15,8%. Pada saat yang sama, jumlah good product meningkat dari 7.250 unit menjadi 8.420 unit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa implementasi perbaikan proses mampu meningkatkan kualitas produk sekaligus mengurangi pemborosan material. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa pendekatan analisis akar penyebab menggunakan Fishbone Diagram yang dikombinasikan dengan perbaikan parameter proses produksi dapat menjadi strategi yang efektif dalam mengurangi defect dan meningkatkan efisiensi proses manufaktur pada industri pengecoran aluminium.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada proses produksi casting piston di PT ABC, dapat disimpulkan bahwa tingkat defect pada proses casting masih tergolong tinggi dengan persentase awal sebesar 27,5%, yang disebabkan oleh berbagai faktor yang berasal dari aspek manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan kerja. Jenis defect yang paling banyak ditemukan meliputi *crack*, *porosity*, *misrun*, *blow hole*, dan *shrinkage*, yang sebagian besar dipengaruhi oleh ketidakstabilan temperatur aluminium cair, ketidakkonsistenan proses penuangan, kurang optimalnya ventilasi cetakan, serta belum adanya standarisasi parameter proses casting. Analisis menggunakan Fishbone Diagram menunjukkan bahwa faktor metode dan faktor manusia menjadi penyebab dominan terjadinya cacat produk. Melalui penerapan program perbaikan berupa standarisasi suhu aluminium cair, pengaturan waktu pendinginan, peningkatan ventilasi cetakan, pelatihan operator, serta pengoptimalan pemanfaatan kembali bahan sisa aluminium, perusahaan berhasil menurunkan tingkat defect menjadi 15,8% dan meningkatkan jumlah *good product* menjadi 8.420 unit dari total produksi 10.000 unit. Temuan ini menunjukkan bahwa pengendalian parameter proses yang tepat dan penerapan perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) mampu meningkatkan kualitas produk, mengurangi pemborosan material, serta mendukung terciptanya proses manufaktur yang lebih efektif dan efisien.

Daftar Pustaka

- Amstead, B. H., Ostwald, P. F., & Begeman, M. L. (2004). *Manufacturing Processes* (8th Ed.). John Wiley & Sons.
- Assauri, S. (2016). *Manajemen Operasi Produksi: Pencapaian Sasaran Organisasi Berkesinambungan* (3rd Ed.). Rajawali Pers.
- Campbell, J. (2015). *Complete Casting Handbook: Metal Casting Processes, Metallurgy, Techniques And Design* (2nd Ed.). Elsevier.
- Degarmo, E. P., Black, J. T., Kohser, R. A., & Klamecki, B. E. (2003). *Materials And Processes In Manufacturing* (9th Ed.). John Wiley & Sons.
- Gaspersz, V. (2017). *Total Quality Management Untuk Praktisi Bisnis Dan Industri*. Gramedia Pustaka Utama.
- Goetsch, D. L., & Davis, S. B. (2021). *Quality Management For Organizational Excellence: Introduction To Total Quality* (9th Ed.). Pearson.
- Groover, M. P. (2020). *Fundamentals Of Modern Manufacturing: Materials, Processes, And Systems* (7th Ed.). John Wiley & Sons.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations Management: Sustainability And Supply Chain Management* (13th Ed.). Pearson.
- Ishikawa, K. (1985). *What Is Total Quality Control? The Japanese Way*. Prentice Hall.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2019). *Manufacturing Engineering And Technology* (8th Ed.). Pearson.
- Montgomery, D. C. (2020). *Introduction To Statistical Quality Control* (8th Ed.). John Wiley & Sons.
- Prawirosentono, S. (2007). *Manajemen Operasi: Analisis Dan Studi Kasus* (4th Ed.). Bumi Aksara.
- Rahman, M. A., Hossain, M. S., & Islam, M. R. (2022). Analysis Of Casting Defects And Quality Improvement Using Fishbone Diagram In Manufacturing Industries. *International Journal Of Industrial Engineering Research*, 13(2), 45–56.

- Sari, D. P., Nugroho, S., & Pratama, A. (2024). Quality Control Improvement In Aluminum Casting Production Using Root Cause Analysis And Continuous Improvement Approach. *Journal Of Manufacturing Systems And Industrial Engineering*, 8(1), 15–27.
- Schroeder, R. G., Goldstein, S. M., & Rungtusanatham, M. J. (2019). *Operations Management In The Supply Chain: Decisions And Cases* (8th Ed.). Mcgraw-Hill Education.
- Wignjosoebroto, S. (2006). *Pengantar Teknik Dan Manajemen Industri* (3rd Ed.). Guna Widya.
- Yusuf, M., Hidayat, T., & Prakoso, A. (2023). Reducing Casting Defects Through Process Parameter Optimization In Automotive Component Manufacturing. *Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 17(3), 201–214.