BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perancangan

Perancangan merupakan proses merencanakan segala sesuatu terlebih dahulu sebelum diwujudkan menjadi bentuk konkret. Dalam konteks teknik, perancangan adalah hasil visual dari ide kreatif yang telah disusun secara sistematis sehingga menghasilkan rancangan yang memiliki fungsi dan kegunaan tertentu. Proses perancangan dimulai dari gagasan yang masih belum teratur, kemudian melalui tahapan pengolahan dan pengembangan, hingga menjadi konsep yang terstruktur dan dapat diwujudkan [9].

Perancangan produk teknik juga merupakan suatu rangkaian kegiatan yang berurutan, sehingga sering disebut sebagai proses perancangan. Setiap fase di dalam proses ini memiliki tujuan masing-masing dan tersusun dalam langkah-langkah tertentu. Fase-fase umum dalam proses perancangan meliputi:

1. Identifikasi kebutuhan.

   Tahap awal perancangan dimulai dengan menentukan kebutuhan atau permasalahan yang akan diselesaikan. Dalam perancangan alat *sandblasting*, identifikasi kebutuhan dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti *Gathering Information From Customer*, (*Objective Tree Method*) OTM, atau (*Quality Function Deployment*) QFD. Tahap ini bertujuan untuk memahami fungsi dan tuntutan teknis alat *sandblasting* yang akan dirancang, misalnya kebutuhan efisiensi, keselamatan, dan biaya produksi.

2. Definisi, perancangan, dan penyusunan spesifikasi teknik produk.

   Definisi, perencangan, dan penyusunan spesifikasi teknik alat *sandblasting* terintegrasi bersama dengan kebutuhan terhadap produk yang telah diidentifikasi sebelumnya. Fase ini merupakan fase penerjemahan kebutuhan pengguna ke dalam bahasa teknik, seperti menentukan tekanan kerja, kapasitas tabung *abrasive*, material tabung, jenis *nozzle*, sistem katup, serta kebutuhan kompresor udara.

3. Perancangan konsep produk

   Perancangan konsep alat *sandblasting* merupakan tahapan atau fase yang digunakan untuk menemukan sebanyak mungkin alternatif konsep. Konsep

yang disusun harus memenuhi setiap kebutuhan atau spesifikasi teknis yang telah ditetapkan. Dalam perancangan konsep alat *sandblasting* dapat digunakan blok fungsi dan matriks morfologi. Blok fungsi merupakan diagram yang mewakili struktur fungsi secara keseluruhan dari alat, misalnya aliran udara bertekanan, pencampuran media abrasive, dan keluaran *sandblasting.*

4. Perancangan produk

   Fase perancangan produk terdiri dari beberapa langkah, tetapi pada intinya fase ini memberikan solusi-solusi alternatif dalam bentuk skema alat *sandblasting* yang kemudian dikembangkan lebih lanjut menjadi produk teknik yang berbentuk nyata. Pada fase ini ditentukan bentuk, material, dimensi tabung abrasive, rangka, selang, *nozzle*, serta komponen pendukung lainnya.

5. Penentuan keputusan

   Hal penting lainnya dalam proses perancangan adalah penentuan keputusan atau pengambilan keputusan dari dua atau lebih rancangan alat *sandblasting* yang dibuat. Pengambilan keputusan meliputi segala aspek yang diarahkan pada tujuan perancangan, dan dilakukan dengan metode seperti (*Weight Objective Method*) WOM, (*Pugh Concept Selection Method*) PCSM, dan *Engineering Design Selection*. Salah satu keputusan terpenting adalah memilih konsep alat *sandblasting* yang akan dikembangkan dari beberapa alternatif yang telah dibuat.

6. Gambar dan spesifikasi pemubatan produk

   Gambar hasil rancangan alat *sandblasting* dapat dituangkan dalam bentuk gambar sketsa dua dimensi di atas kertas atau dalam bentuk informasi digital yang disimpan dalam komputer. Informasi digital tersebut dapat diprint menjadi gambar atau dibaca oleh *software* yang mengendalikan mesin untuk membuat komponen alat *sandblasting.*

7. Dokumen pembuatan produk

   Dokumen produk merupakan langkah akhir dari proses perancangan sebelum alat *sandblasting* dibuat. Dokumen produk memuat berbagai informasi yang dibutuhkan untuk pembuatan alat, seperti gambar *layout*, gambar susunan

komponen (*assembly*), gambar detail tiap komponen alat *sandblasting*, serta daftar material (*bill of materials*).

2.1.1 Proses Perancangan Teknik

Proses perancangan teknik dapat digunakan untuk mencapai beberapa hasil yang berbeda. Salah satunya adalah perancangan alat *sandblasting*, baik berupa alat *sandblasting* portabel yang digunakan untuk kebutuhan perawatan logam, maupun sistem *sandblasting* yang lebih kompleks seperti instalasi *sandblasting* industri pada bengkel besar atau fasilitas perawatan struktur logam. Selain itu, proses perancangan juga dapat diterapkan pada sistem pendukung alat *sandblasting* seperti ruang *blasting* (*blasting room*) atau kabin *sandblasting* yang dirancang untuk memenuhi standar keselamatan dan efisiensi kerja [10].

2.1.2 Pentingnya Proses Perancangan

Alasan pertama pentingnya proses perancangan adalah bahwa hanya sebagian kecil biaya untuk menghasilkan alat *sandblasting* (sekitar 5%) yang terlibat dalam proses perancangan, sedangkan 95% biaya lainnya berkaitan dengan bahan, modal, dan tenaga kerja untuk memproduksi alat tersebut. Namun, proses perancangan terdiri dari akumulasi banyak keputusan yang menghasilkan komitmen rancangan yang mampu mempengaruhi sekitar 70 hingga 80% dari total biaya pembuatan alat *sandblasting*. Keputusan-keputusan yang dibuat setelah tahap perancangan hanya dapat mempengaruhi sekitar 25% dari total biaya. Jika rancangan terbukti salah sebelum alat dipasarkan atau digunakan, biaya perbaikannya akan menjadi sangat besar. Oleh karena itu, proses perancangan perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum membuat alat *sandblasting*, sehingga dapat diketahui apakah terdapat kesalahan atau tidak pada alat yang akan diproduksi [11].

Alasan kedua dari pentingnya desain adalah terkait kualitas alat *sandblasting*. Kualitas dapat dicapai dengan memeriksa alat setelah produksi pertama selesai. Selain itu, desain harus dilakukan agar alat *sandblasting* dapat dibuat tanpa cacat dengan memiliki performa yang optimal serta dapat diproduksi dengan biaya yang kompetitif [12].

Alasan ketiga adalah bahwa perancangan teknik dapat menentukan usia atau umur pakai suatu alat *sandblasting*. Waktu siklus mengacu pada lamanya proses pengembangan yang diperlukan untuk membawa alat *sandblasting* baru ke pasar

atau ke pengguna. Alat *sandblasting* dengan teknologi terbaru akan lebih menarik pengguna, terutama pada bidang perawatan logam dan industri perbengkelan. Penggunaan teknologi berbasis komputer dan metode pembuatan *prototype* berkontribusi dalam mengurangi waktu produksi alat tersebut. Hal ini tidak hanya mempercepat waktu siklus pembuatan alat *sandblasting*, tetapi juga meningkatkan nilai jualnya [13].

Kesimpulannya adalah bahwa proses perancangan harus dilakukan untuk mengembangkan produk dengan kualitas yang baik, biaya produksi yang efektif, dan waktu penyelesaian yang lebih singkat [14].

2.1.3 Jenis Perancangan

Desain dalam teknik dapat dilakukan karena berbagai alasan, dan mungkin diperlukan modifikasi bentuk yang berbeda terkait kebutuhan alat *sandblasting* yang akan dibuat.

A. Rancangan asli

Bentuk desain ini menggunakan konsep orisinal dan inovatif untuk memenuhi kebutuhan tertentu pada alat *sandblasting*. Misalnya merancang sistem pencampuran *abrasive* yang benar-benar baru atau menciptakan mekanisme kontrol tekanan yang belum pernah digunakan sebelumnya.

B. Rancang adaptif

Bentuk desain ini terjadi ketika tim perancang mengadaptasi solusi yang sudah dikenal untuk memenuhi kebutuhan berbeda sehingga menghasilkan aplikasi baru. Contohnya mengadaptasi sistem katup atau mekanisme *nozzle* dari alat industri lain untuk diterapkan pada alat *sandblasting* dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan kestabilan semprotan.

C. Rancang ulang

Rancang ulang teknik digunakan untuk meningkatkan desain alat *sandblasting* yang sudah ada. Tugasnya bisa berupa mendesain ulang komponen yang sering mengalami kegagalan, atau mengubah komponen tertentu untuk mengurangi biaya pembuatannya. Seringkali rancang ulang dilakukan tanpa mengubah prinsip kerja *sandblasting*. Misalnya, mengubah bentuk tabung agar lebih kuat, mengganti bahan selang untuk mengurangi berat, atau menyesuaikan dimensi *nozzle* agar lebih hemat *abrasive*.

Mendesain ulang dicapai dengan mengubah beberapa parameter desain, yang sering disebut desain varian.

2.1.4 Cara Berpikir Tentang Proses Perancangan Teknik

Tidak ada satu pun urutan langkah yang diakui secara universal yang mengarah pada desain alat *sandblasting* yang dapat langsung diterapkan. Penulis atau desainer telah menguraikan proses desain dalam berbagai cara, mulai dari hanya lima langkah sampai sekitar 25 langkah. Salah satu yang pertama kali menulis secara introspektif tentang proses desain adalah Morris Asimow, yang memandang inti dari proses desain terdiri dari sejumlah elemen. Desain adalah proses berurutan yang terdiri dari banyak operasi desain. Contoh operasi desain dalam perancangan alat *sandblasting* antara lain:

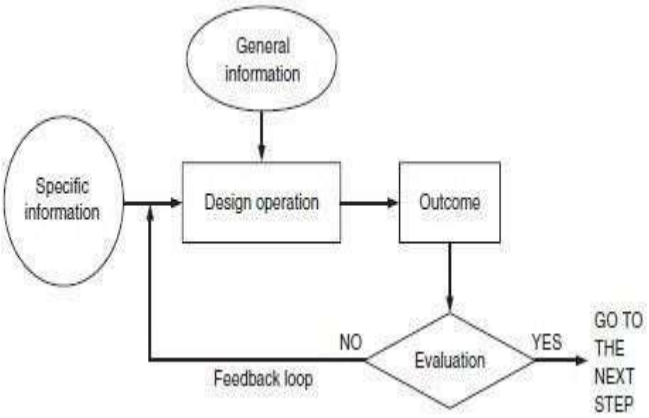
(1) Mengeksplorasi alternatif konsep alat *sandblasting* yang dapat memenuhi kebutuhan tertentu.

(2) Merumuskan model matematika dari konsep sistem *sandblasting* yang dianggap terbaik.

(3) Menentukan bagian-bagian tertentu yang diperlukan untuk membangun subsistem seperti tabung abrasive, sistem katup, selang tekanan tinggi, dan *nozzle*.

(4) Memilih bahan yang tepat untuk membuat setiap bagian tersebut.Setiap operasi membutuhkan informasi, sebagian merupakan informasi teknis dan bisnis umum yang diharapkan dimiliki seorang profesional terlatih, dan sebagian lagi berupa informasi yang sangat spesifik agar hasil desain dapat berhasil. Contoh informasi spesifik tersebut yaitu:

- Katalog pabrikan tentang *nozzle*
- *sandblasting* dan katup pengatur tekanan.
- Data buku pegangan tentang sifat material logam atau komposit untuk tabung *abrasive*.
- Pengalaman pribadi yang diperoleh dari kunjungan ke bengkel atau fasilitas industri yang menggunakan sistem *sandblasting*.



Gambar 2. 1 Modul dasar dalam proses desain [2]

Pada modul di atas dapat dilihat langkah-langkah dalam proses desain. Setelah dibekali dengan informasi yang diperlukan, tim perancang atau insinyur desain melakukan operasi desain dengan memanfaatkan pengetahuan teknis, alat komputasi, dan kemampuan eksperimental. Pada tahap ini dilakukan perhitungan rancangan seperti tekanan kerja, kecepatan aliran media abrasif, atau ketahanan material tabung, serta melakukan simulasi kinerja komponen alat *sandblasting* menggunakan komputer. Selain itu mungkin perlu membangun model prototype ukuran penuh dan mengujinya hingga diperoleh hasil yang sesuai.

Pada tahap ini hasil desain harus dievaluasi untuk memutuskan apakah sudah cukup memenuhi kebutuhan atau belum. Jika evaluasi menemukan kekurangan, maka operasi desain harus diulang. Informasi dari desain pertama digunakan kembali sebagai masukan, bersama dengan informasi tambahan yang diperoleh dari kekurangan yang ditemukan pada tahap evaluasi. Proses ini disebut literasi.

Hasil akhir dari rangkaian modul desain adalah inovasi baru, yang sering disebut sebagai alur proses desain dan menghasilkan sistem *sandblasting* yang baru. Namun demikian, tujuan dari banyak proyek perancangan bukan selalu menghasilkan alat atau sistem baru secara langsung. Dalam beberapa kasus, tujuan utamanya adalah menghasilkan informasi teknis baru yang dapat digunakan oleh bagian lain dalam organisasi.

2.2. Proses *Blasting* Permukaan Material

Proses *blasting* merupakan salah satu metode perlakuan permukaan material yang bertujuan untuk membersihkan, menghilangkan kontaminan, serta

meningkatkan kekasaran permukaan sebelum dilakukan proses lanjutan seperti pengecatan atau pelapisan. Beberapa jenis proses *blasting* yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

a. *Sandblasting*

Sandblasting adalah proses pembersihan permukaan material dengan cara menyemprotkan media abrasif berupa pasir ke permukaan benda kerja menggunakan udara bertekanan tinggi. Proses ini efektif untuk menghilangkan karat, cat lama, dan kotoran yang melekat pada permukaan material. Dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Proses *Sandblasting* [3]

b. *Vapor blasting*

Vapor blasting merupakan proses perlakuan permukaan material dengan cara menyemprotkan campuran air, media abrasif halus, dan udara bertekanan ke permukaan benda kerja. Proses ini termasuk dalam metode blasting basah (*vapor blasting*) yang bertujuan untuk membersihkan permukaan material tanpa menyebabkan pengikisan berlebihan.



Gambar 2. 3 Proses *Vapor Blasting* [3]

2.3. Prinsip Kerja Alat S*andblasting*

Alat *sandblasting* bekerja berdasarkan prinsip penyemprotan media abrasif ke permukaan material dengan kecepatan tinggi menggunakan udara bertekanan. Udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor dialirkan melalui selang menuju

nozzle, kemudian bercampur dengan media abrasif di dalam ruang pencampur. Campuran udara dan media abrasif tersebut disemprotkan ke permukaan material sehingga mampu menghilangkan kotoran, karat, cat lama, serta meningkatkan kekasaran permukaan.

Pada saat proses *sandblasting* berlangsung, tekanan udara berperan penting dalam menentukan kecepatan media abrasif yang keluar dari *nozzle*. Semakin besar tekanan udara yang digunakan, maka semakin besar pula energi tumbukan media abrasif terhadap permukaan material. Hal ini berpengaruh langsung terhadap tingkat kebersihan dan kekasaran permukaan hasil *blasting*. Media abrasif yang digunakan dalam proses *sandblasting* dapat berupa pasir silika. Media tersebut disimpan dalam tabung atau wadah khusus sebelum disalurkan ke sistem penyemprotan.

Hasil akhir dari proses *sandblasting* adalah permukaan material yang bersih dan memiliki tekstur kasar yang merata. Permukaan ini sangat sesuai untuk proses lanjutan seperti pengecatan atau pelapisan karena mampu meningkatkan daya lekat lapisan terhadap material dasar.

2.4. Komponen *Sandblasting*

Alat *sandblasting* terdiri dari beberapa komponen utama yang saling berhubungan untuk mendukung proses pembersihan dan perlakuan permukaan material. Setiap komponen memiliki fungsi masing-masing agar proses *sandblasting* dapat berjalan dengan baik dan menghasilkan permukaan sesuai dengan kebutuhan.

a. Kompresor Udara

Kompresor udara berfungsi sebagai sumber udara bertekanan yang digunakan untuk mendorong media abrasif keluar dari *nozzle*. Tekanan udara yang dihasilkan kompresor sangat mempengaruhi kecepatan semburan media abrasif serta efektivitas proses *sandblasting*.

b. Tabung Media Abrasif

Media abrasif berfungsi sebagai tempat penyimpanan media abrasif sebelum disalurkan ke sistem penyemprotan. Tabung ini dirancang agar mampu menahan tekanan udara dan memastikan aliran media abrasif berjalan stabil selama proses *sandblasting*.

c. Selang Udara dan Selang Media

Selang udara berfungsi untuk menyalurkan udara bertekanan dari kompresor ke alat *sandblasting*, sedangkan selang media digunakan untuk menyalurkan media abrasif dari tabung menuju *nozzle*. Selang harus memiliki kekuatan dan ketahanan terhadap tekanan tinggi serta gesekan media abrasif.

d. *Nozzle*

Nozzle merupakan komponen ujung penyemprot yang berfungsi mengarahkan dan mempercepat aliran campuran udara dan media abrasif menuju permukaan material. Bentuk dan ukuran *nozzle* mempengaruhi pola semburan serta tingkat kekasaran hasil *blasting*.

e. Katup Pengatur (*Valve*)

Katup pengatur berfungsi untuk mengontrol aliran udara dan jumlah media abrasif yang keluar dari tabung. Dengan adanya katup ini, operator dapat menyesuaikan tekanan dan intensitas *blasting* sesuai dengan jenis material yang dikerjakan.

f. Rangka atau Dudukan Alat

Rangka atau dudukan alat berfungsi sebagai penopang seluruh komponen *sandblasting* agar alat berdiri kokoh dan aman saat digunakan. Rangka juga memudahkan mobilitas dan penataan komponen alat.

2.5. Media Abrasif Pada Proses *Sandblasting*

Media abrasif merupakan komponen penting dalam proses *sandblasting* karena berpengaruh langsung terhadap hasil pembersihan dan kekasaran permukaan material. Salah satu media abrasif yang paling umum digunakan adalah pasir silika [15].

Pasir silika merupakan material abrasif alami yang memiliki kandungan silikon dioksida (SiO_2) tinggi dan bentuk butiran yang keras serta tajam. Karakteristik tersebut membuat pasir silika efektif digunakan untuk menghilangkan karat, cat lama, dan kotoran yang melekat pada permukaan material logam maupun nonlogam [16].

Ukuran butiran pasir silika sangat mempengaruhi hasil proses *sandblasting*. Pasir silika dengan ukuran butiran kasar menghasilkan tingkat kekasaran permukaan yang lebih tinggi, sedangkan ukuran butiran halus menghasilkan

permukaan yang lebih halus. Oleh karena itu, pemilihan ukuran butiran harus disesuaikan dengan kebutuhan proses dan jenis material yang dikerjakan [17].

Keunggulan penggunaan pasir silika sebagai media abrasif antara lain mudah diperoleh, biaya relatif murah, serta mampu memberikan hasil pembersihan yang efektif. Namun demikian, penggunaan pasir silika juga memiliki kekurangan, yaitu dapat menghasilkan debu halus yang berbahaya bagi kesehatan apabila tidak disertai dengan penggunaan alat pelindung diri yang memadai [11]. Dengan memperhatikan karakteristik, ukuran butiran, serta aspek keselamatan kerja, pasir silika dapat digunakan secara optimal sebagai media abrasif dalam proses *sandblasting.*

Tabel 2. 1 Tabel Ukuran Pasir Silika

No	Ukuran Mesh	Diameter Butiran (mm)	Kegunaan
1	Mesh 8-16	2,38 – 1,19	Menghilangkan karat tebal, kerak berat, dan cat lama
2	Mesh16-30	1,19 – 0,60	Pembersihan karat sedang dan persiapan pengecatan
3	Mesh 30-50	0,60 – 0,30	Membersihkan karat ringan dan kotoran
4	Mesh 50-80	0,30 – 0,18	Finishing ringan dan pembersihan tipis
5	Mesh 80-120	0,18 – 0,12	Pembersihan ringan dengan hasil permukaan halus

2.6. Keselamatan Kerja Pada Proses *Sandblasting*

Room blasting merupakan proses *sandblasting* yang dilakukan di dalam ruang tertutup khusus. Proses ini memiliki risiko keselamatan dan kesehatan kerja yang lebih besar akibat akumulasi debu abrasif, keterbatasan sirkulasi udara, serta penggunaan tekanan udara tinggi. Oleh karena itu, penerapan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada proses *room blasting* harus dilakukan secara ketat.

a. Alat Pelindung Diri (APD) Khusus *Room Blasting*

   Operator *room blasting* wajib menggunakan alat pelindung diri lengkap, meliputi sarung tangan tebal, serta sepatu keselamatan. APD ini berfungsi melindungi operator dari paparan debu pasir silika dan benturan partikel abrasif berkecepatan tinggi.

b. Sistem Ventilasi dan *Dust Collector*

   Room blasting harus dilengkapi dengan sistem ventilasi dan *dust collector* yang berfungsi untuk menghisap debu abrasif selama proses berlangsung. Sistem ini penting untuk menjaga kualitas udara di dalam ruangan agar tetap aman bagi operator serta mencegah penumpukan debu yang dapat mengganggu jarak pandang .

c. Penerangan Ruang *Blasting*

Penerangan yang memadai sangat diperlukan dalam *room blasting* untuk membantu operator melihat area kerja dengan jelas. Lampu harus dilengkapi pelindung agar tidak rusak akibat semburan abrasif dan dipasang pada posisi yang aman dari paparan langsung media *blasting*.

d. Pengendalian Tekanan dan Peralatan

Tekanan udara pada proses *room blasting* harus dikontrol sesuai dengan spesifikasi alat dan jenis media abrasif yang digunakan. Seluruh peralatan seperti selang, *nozzle*, dan katup pengatur harus diperiksa secara rutin untuk mencegah kebocoran atau kegagalan fungsi yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja.

2.7. Prosedur Operasional *Room Blasting*

Prosedur operasional *room blasting* merupakan langkah kerja yang harus diikuti untuk menjamin keselamatan operator serta memperoleh hasil blasting yang optimal. Prosedur ini meliputi tahapan persiapan, pelaksanaan, dan penyelesaian proses *blasting*.

a. Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum proses *room blasting* dimulai, operator harus memastikan seluruh peralatan dalam kondisi baik dan siap digunakan. Pemeriksaan meliputi kondisi kompresor, tabung media abrasif, selang, *nozzle*, dan *dust collector*. Media abrasif pasir silika harus dipastikan dalam kondisi kering dan sesuai dengan ukuran mesh yang telah ditentukan.

b. Persiapan Operator

Operator wajib menggunakan alat pelindung diri lengkap sesuai standar *room blasting*. Selain itu, operator harus memahami prosedur kerja dan sistem pengaman yang tersedia di dalam ruang *blasting.*

c. Pelaksanaan Proses *Blasting*

Setelah semua persiapan selesai, spesimen masuk ke ruang *blasting* dan menutup pintu ruang dengan rapat. Proses *blasting* dilakukan dengan mengarahkan *nozzle* ke permukaan material secara merata dengan jarak dan sudut yang sesuai. Tekanan udara disesuaikan dengan jenis material dan tingkat kekasaran yang diinginkan.

d. Penghentian Proses *Blasting*

Setelah proses *blasting* selesai, aliran udara dan media abrasif dihentikan terlebih dahulu sebelum *spesimen* keluar dari ruang *blasting*. Sistem ventilasi tetap dijalankan beberapa saat untuk membersihkan debu yang tersisa di dalam ruangan.

e. Pembersihan dan Pemeriksaan Hasil

Material hasil blasting dikeluarkan dari ruang blasting dan dibersihkan dari sisa pasir silika. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan visual untuk memastikan tingkat kebersihan dan kekasaran permukaan telah sesuai dengan kebutuhan proses selanjutnya.

2.8. Fabrikasi

Fabrikasi adalah rangkaian proses teknik untuk mengubah bahan mentah (*raw material*) menjadi komponen atau produk jadi melalui tahapan seperti pemotongan, pembentukan, pengelasan, permesinan, perakitan, dan *finishing*. Fabrikasi merupakan proses penting dalam sektor manufaktur, konstruksi, industri alat uji, otomotif, *furnitur* logam, hingga industri berat [11].

2.8.1 Tahapan Fabrikasi

Adapun tahapan fabrikasi secara umum meliputi:

1. Perencanaan dan desain

   Pada tahap ini meliputi membuat gambar teknik atau desain dan menentukan spesifikasi material dan metode produksi.

2. Persiapan material

   Pada tahapan ini adalah pengadaan bahan baku dan pemeriksaan kualitas bahan baku yang akan digunakan.

3. Pemotongan

   Pemotongan merupakan proses membagi atau membuang sebagian material dengan berbagai metode seperti gerinda, las potong, gergaji, *waterjet* dll.

4. *Machining* (permesinan)

   Merupakan proses membentuk detail pada meterial dengan mengunakan berbagai mesin seperti bor, *frais*, bubut dll.

5. *Joining* (penyambungan)

   Adalah proses penggabungan material menjadikan material hingga menjadi satu kesatuan dengan berbagai macam metode seperti menggunakan las, baut, paku keling, mur dll.

6. *Assembling* (perakitan)

   Pada tahapan ini adalah menggabungkan beberapa komponen-komponen yang terpisah hingga menjadi satu kesatuan.

7. *Finishing*

   Tahapan ini merupakan penyelesaian pada hasil fabrikasi yang bertujuan menigkatkan penampilan dan ketahanan, metode yang digunakan seperti pengecatan, *coating*, *galvanisasi* dll.

8. Pemeriksaan dan pengujian

   Pada tahap ini bertujuan untuk memeriksa dimensi, fungsi, kekuatan dan kualitas dari hasil fabrikasi.

2.8.2 Karakteristik Utama Fabrkasi

Adapun beberapa karakteristik utama dalam proses fabrikasi yaitu:

1) Berorientasi pada Produksi Komponen Fisik

   Definisi: Proses fabrikasi *prototype sandblasting* berorientasi pada pembuatan komponen fisik yang membentuk satu kesatuan alat, seperti rangka, tabung atau wadah abrasif, dudukan komponen, selang, *nozzle*, katup, dan komponen pendukung lainnya.

   Implikasi: Membutuhkan proses pemotongan, pengeboran, pengelasan, pembentukan, perakitan, dan *finishing* sesuai dengan bentuk dan ukuran komponen yang telah dirancang.

   Metrik: Kesesuaian jumlah komponen, kesesuaian ukuran, dan keberhasilan proses perakitan.

2) Pemilihan dan Pengelolaan Material

   Definisi: Pemilihan material pada *prototype sandblasting* dilakukan berdasarkan kekuatan mekanik, ketahanan terhadap tekanan, ketahanan korosi, kemudahan fabrikasi, ketersediaan material, dan biaya.

   Implikasi: Material yang digunakan harus sesuai dengan fungsi masing-masing komponen, terutama pada bagian yang berhubungan dengan tekanan udara dan

bahan abrasif.

Metrik: Kesesuaian material dengan spesifikasi desain, jumlah material terbuang, dan kondisi material setelah proses fabrikasi.

3) Presisi Dimensional dan Toleransi

Definisi: Ketelitian dimensi diperlukan agar setiap komponen *prototype sandblasting* dapat dirakit dengan tepat dan bekerja sesuai dengan rancangan.

Implikasi: Dimensi rangka, dudukan, sambungan, lubang, posisi *nozzle*, dan komponen lainnya harus dibuat sesuai ukuran rancangan.

Metrik: Penyimpangan ukuran aktual terhadap ukuran rancangan dan kesesuaian posisi komponen.

4) *Repeatability* dan *Reproducibility*

Definisi: *Repeatability* dan *reproducibility* pada *prototype sandblasting* berkaitan dengan kemampuan alat menghasilkan kondisi pengoperasian yang relatif sama ketika digunakan berulang kali pada kondisi yang sama.

Implikasi: Diperlukan prosedur pengoperasian yang konsisten, pengaturan tekanan yang sama, serta pemasangan komponen yang stabil.

Metrik: Kestabilan tekanan, kestabilan aliran bahan abrasif, dan konsistensi hasil penyemprotan.

5) Kapasitas dan Skala Produksi

Definisi: Fabrikasi *prototype sandblasting* termasuk dalam skala *prototype* atau produksi terbatas yang bertujuan untuk menghasilkan satu alat sebagai media pengujian dan pengembangan.

Implikasi: Proses fabrikasi dapat dilakukan menggunakan peralatan manual dan mesin sederhana yang tersedia di laboratorium atau bengkel.

Metrik: Waktu fabrikasi, jumlah komponen yang berhasil dibuat, dan kapasitas alat dalam menampung bahan abrasif.

6) Fleksibilitas dan Kemampuan Kustomisasi

Definisi: Prototype *sandblasting* harus memiliki fleksibilitas untuk dilakukan penyesuaian terhadap tekanan kerja, jenis bahan abrasif, ukuran *nozzle*, dan kondisi benda kerja.

Implikasi: Komponen tertentu seperti *nozzle*, selang, katup, atau pengaturan tekanan dapat dibuat atau dipilih agar mudah diganti dan disesuaikan dengan

kebutuhan pengujian.

Metrik: Waktu penggantian komponen, kemudahan pengaturan tekanan, dan kemampuan alat digunakan untuk beberapa kondisi pengujian.

7) Metode Penyambungan dan Integritas Sambungan

Definisi: Penyambungan pada *prototype sandblasting* dilakukan untuk menggabungkan komponen rangka dan komponen pendukung sehingga menghasilkan konstruksi yang kuat dan stabil.

Implikasi: Metode penyambungan dapat berupa pengelasan, baut, mur, *fitting*, atau sambungan ulir sesuai dengan fungsi dan karakteristik komponen. Pada sistem bertekanan, sambungan harus diperiksa untuk memastikan tidak terjadi kebocoran.

Metrik: Kekuatan sambungan, kestabilan rangka, dan ada atau tidaknya kebocoran pada sistem.

8) Pemesinan dan *Finishing*

Definisi: Pemesinan dan *finishing* dilakukan untuk menghasilkan komponen dengan ukuran dan bentuk yang sesuai serta memberikan hasil akhir yang baik pada *prototype sandblasting*.

Implikasi: Proses dapat meliputi pemotongan, pengeboran, penggerindaan, penghalusan permukaan, dan pengecatan atau pelapisan untuk meningkatkan kualitas dan ketahanan komponen.

Metrik: Kesesuaian dimensi, kondisi permukaan, kualitas hasil pengelasan, dan kondisi finishing.

9) Kualitas, Inspeksi, dan Kalibrasi

Definisi: Pemeriksaan dilakukan untuk memastikan seluruh komponen *prototype sandblasting* memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan dan dapat berfungsi dengan baik.

Implikasi: Inspeksi dilakukan pada dimensi komponen, sambungan, sistem tekanan, selang, katup, *pressure gauge*/manometer, dan *nozzle* sebelum alat digunakan.

Metrik: Jumlah komponen yang sesuai spesifikasi, kondisi sambungan, kestabilan pembacaan *pressure* gauge, dan hasil pemeriksaan kebocoran.

10) Keamanan dan Kepatuhan Standar

Definisi: Keselamatan merupakan aspek penting dalam fabrikasi dan pengoperasian *prototype sandblasting* karena alat menggunakan udara bertekanan dan bahan abrasif.

Implikasi: *Prototype* harus memperhatikan keamanan tabung tekanan, sambungan, katup, selang, *nozzle*, serta penggunaan alat pelindung diri (APD) selama pengoperasian.

Metrik: Tidak terjadi kebocoran, kerusakan komponen, atau kondisi berbahaya selama pengujian serta penggunaan APD yang sesuai.

11) *Lead Time* dan Perencanaan Produksi

Definisi: Lead time pada fabrikasi *prototype sandblasting* merupakan waktu yang diperlukan mulai dari persiapan material dan komponen, proses pembuatan, perakitan, pemeriksaan, hingga alat siap digunakan.

Implikasi: Diperlukan perencanaan urutan proses fabrikasi, ketersediaan material, penggunaan peralatan, proses perakitan, dan pengujian agar pembuatan *prototype* dapat dilakukan secara efektif.

Metrik: Total waktu fabrikasi, waktu perakitan, waktu pemeriksaan, dan waktu yang dibutuhkan hingga prototype siap diuji.

2.9. Fabrikasi Alat *Sandblasting*

Alat *sandblasting* adalah perangkat yang digunakan untuk melakukan proses pembersihan, pengikisan, atau preparasi permukaan material dengan memanfaatkan media abrasif yang ditembakkan menggunakan tekanan udara. Proses *sandblasting* dapat digunakan untuk menghilangkan karat, cat, kotoran, maupun lapisan permukaan lainnya sehingga diperoleh kondisi permukaan yang sesuai untuk proses selanjutnya. Dalam proses fabrikasi *prototype* alat *sandblasting*, terdapat beberapa persyaratan yang harus diperhatikan, yaitu:

1) Kaku (rigid)

Kaku (rigid) adalah sifat mekanis suatu struktur atau komponen yang menunjukkan ketahanan terhadap deformasi ketika diberi beban. Struktur yang kaku tidak mudah berubah bentuk, baik secara elastis maupun plastis, sehingga tetap mempertahankan geometri, posisi, dan fungsinya walaupun menerima gaya.

2) Presisi

Presisi merupakan kemampuan suatu alat atau proses untuk menghasilkan kondisi kerja yang konsisten dan dapat diulang. Pada *prototype* alat *sandblasting*, presisi diperlukan terutama pada sistem pengaturan tekanan udara, aliran media abrasif, serta posisi dan arah *nozzle*. Pengaturan yang presisi akan menghasilkan proses penyemprotan yang lebih seragam sehingga kualitas pembersihan atau pengikisan permukaan material dapat dikendalikan dengan baik.

3) Kuat menahan beban

Karakteristik kuat menahan tekanan dan beban merupakan kemampuan struktur atau komponen alat *sandblasting* untuk menerima, menyalurkan, dan mempertahankan integritas mekaniknya ketika bekerja pada kondisi bertekanan. Tabung atau ruang penampung media abrasif, sambungan, rangka, selang, dan komponen lainnya harus memiliki kekuatan yang sesuai dengan tekanan kerja yang digunakan. Konstruksi yang kuat diperlukan untuk mencegah terjadinya kebocoran, kerusakan komponen, deformasi berlebihan, maupun kegagalan struktural selama alat dioperasikan..

4) Aman

Karakteristik aman merupakan salah satu aspek utama dalam fabrikasi *prototype* alat *sandblasting* karena alat bekerja dengan udara bertekanan dan media abrasif yang dapat menimbulkan risiko terhadap operator maupun lingkungan kerja. Sistem keselamatan perlu dirancang untuk melindungi:

a. Operator
b. Material yang sedang diproses
c. Komponen dan struktur alat
d. Lingkungan kerja

5) Tahan Deformasi Permanen Dan Abrasi

Karakteristik tahan deformasi permanen merupakan kemampuan struktur atau komponen alat *sandblasting* untuk mempertahankan bentuknya setelah menerima tekanan dan beban selama proses pengoperasian. Selain itu, komponen yang berhubungan langsung dengan aliran media abrasif harus memiliki ketahanan terhadap abrasi atau keausan. Hal ini penting karena media

abrasif yang bergerak dengan kecepatan tinggi dapat menyebabkan pengikisan pada bagian dalam selang, *nozzle*, sambungan, maupun ruang penyemprotan. Dengan demikian, pemilihan material dan desain komponen harus mempertimbangkan ketahanan terhadap tekanan, deformasi, serta keausan agar *prototype* memiliki umur pakai dan keandalan yang baik.

2.10. Tahapan Proses Fabrikasi

Tahapan proses fabrikasi merupakan serangkaian proses yang dilakukan dalam pembuatan *prototype sandblasting*. Proses fabrikasi dilakukan secara bertahap agar setiap komponen dapat dibuat sesuai dengan ukuran dan rancangan yang telah ditentukan. Beberapa tahapan yang dilakukan antara lain proses penandaan (*marking*), pemotongan (*cutting*), penyambungan (*joining*), perakitan (*assembling*), dan penyelesaian (*finishing*). Adapun tahapan proses fabrikasi *prototype sandblasting* adalah sebagai berikut:

1. Penandaan (*Marking*)

   Proses *marking* merupakan tahap awal fabrikasi yang dilakukan dengan memberikan tanda atau ukuran pada material sesuai dengan gambar kerja dan rancangan *prototype sandblasting*. Penandaan meliputi garis potong, posisi lubang baut, titik pemasangan komponen, serta bagian yang akan dilakukan proses penyambungan. Proses ini bertujuan untuk memastikan setiap komponen memiliki ukuran dan posisi yang sesuai sehingga dapat mempermudah proses pemotongan dan perakitan.

2. Proses Pemotongan (*Cutting*)

   Proses *cutting* merupakan proses pemotongan material berdasarkan ukuran yang telah ditentukan pada tahap *marking*. Material yang digunakan dalam pembuatan prototype sandblasting, seperti plat baja, besi profil, pipa, dan material pendukung lainnya, dipotong menggunakan peralatan yang sesuai. Pemotongan dilakukan dengan memperhatikan ketelitian ukuran agar setiap komponen dapat dirakit dengan baik dan sesuai dengan rancangan.

3. Proses Penyambungan (*Joining*)

   Proses *joining* merupakan proses penyambungan antara dua atau lebih material sehingga membentuk suatu kesatuan komponen. Pada *prototype sandblasting*, proses penyambungan dapat dilakukan menggunakan metode pengelasan dan

sambungan baut sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Pengelasan digunakan pada bagian rangka atau komponen yang membutuhkan sambungan permanen, sedangkan sambungan baut dapat digunakan pada bagian yang membutuhkan kemudahan dalam proses pemasangan, perawatan, atau pembongkaran. Hasil penyambungan harus diperiksa untuk memastikan kekuatan dan tidak terdapat cacat yang dapat menyebabkan kebocoran atau kegagalan pada saat alat digunakan.

4. Proses Perakitan (*Assembling*)

Proses *assembling* merupakan tahap penggabungan dan pemasangan seluruh komponen *prototype sandblasting* menjadi satu kesatuan alat. Komponen yang dirakit dapat meliputi rangka, tabung atau wadah media abrasif, selang, *nozzle*, katup, regulator tekanan, sambungan pipa, serta komponen pendukung lainnya. Pada tahap ini dilakukan penyetelan posisi dan pemeriksaan hubungan antar-komponen agar sistem dapat bekerja sesuai dengan rancangan. Perakitan juga harus memperhatikan kekencangan sambungan dan kesesuaian komponen terhadap tekanan kerja yang direncanakan.

5. Proses Penyelesaian (*Finishing*)

Proses *finishing* merupakan tahap akhir dalam fabrikasi *prototype sandblasting* yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas, kerapian, dan ketahanan komponen alat. Proses ini dapat meliputi pembersihan permukaan dari sisa pengelasan, penggerindaan, penghalusan permukaan, pemeriksaan sambungan, serta pengecatan pada bagian konstruksi yang memerlukan perlindungan terhadap korosi. Selain meningkatkan tampilan alat, proses *finishing* juga bertujuan untuk memberikan perlindungan pada material sehingga *prototype sandblasting* memiliki kondisi yang lebih baik dan layak digunakan dalam proses pengujian.

2.11. *Inspection* (pemeriksaan)

Inspection dalam fabrikasi adalah proses pemeriksaan dan pengujian yang dilakukan untuk memastikan bahwa material, komponen, maupun produk hasil fabrikasi telah memenuhi spesifikasi, standar, dan persyaratan kualitas yang telah ditetapkan.

Tujuan *inspection* dalam fabrikasi antara lain seperti memastikan dimensi

dan bentuk produk sesuai gambar kerja, memastikan kualitas material sesuai spesifikasi, memeriksa kualitas sambungan las, pemotongan, pengeboran, dan proses fabrikasi lainnya serta menemukan cacat atau ketidak sesuaian (*defect*).

Ada beberapa metode yang *inspection* yang umum digunakan dalam fabrikasi antara lain :

1. *Visual Inspection* (VT)

   Visual Inspection (VT) adalah pemeriksaan secara visual terhadap permukaan dan hasil pengerjaan.

2. *Dimensional Inspection*

   Dimensional Inspection merupakan pengukuran menggunakan alat seperti jangka sorong, mikrometer, meteran, atau *height gauge*.

Inspection merupakan bagian penting dari *Quality Control* (QC) dalam fabrikasi karena membantu memastikan bahwa setiap produk yang dihasilkan memenuhi standar mutu dan siap digunakan dengan aman.

2.12. Safety During Fabrication

Safety during fabrication adalah penerapan prosedur dan tindakan keselamatan kerja selama proses fabrikasi untuk mencegah kecelakaan, cedera, kerusakan peralatan, dan gangguan terhadap lingkungan kerja.

Tujuan utama *safety during fabrication* adalah melindungi keselamatan dan kesehatan pekerja, mencegah kerusakan pada mesin, alat, dan material, menjaga kualitas hasil fabrikasi, serta memastikan pekerjaan sesuai dengan standar keselamatan yang berlaku.

Ada beberapa aspek penting dalam *safety during fabrication* meliputi:

1. Penggunaan APD (Alat Pelindung Diri)

   Memakai APD seperti Helm keselamatan, kacamata pelindung, sarung tangan, sepatu keselamatan, pelindung telinga, masker atau respirator (jika diperlukan) selama proses fabrikasi.

2. Keselamatan penggunaan mesin dan peralatan

   Seperti memeriksa kondisi mesin sebelum digunakan, gunakan mesin sesuai prosedur operasi, dan pastikan pelindung mesin (*machine guard*) terpasang.

3. Keselamatan saat pengelasan

   Seperti menggunakan helm las dan, pastikan area memiliki ventilasi yang

baik, serta jauhkan bahan yang mudah terbakar dari area pengelasan.

4. *Housekeeping*

   Housekeeping adalah bagaimana menjaga area kerja tetap bersih dan bebas dari hambatan.

Dengan menerapkan *safety during fabrication*, risiko kecelakaan kerja dapat dikurangi, dan proses fabrikasi berjalan lebih aman serta efisien.

2.13. *Trial Run*

Trial run dalam fabrikasi adalah tahap uji coba pengoperasian terhadap suatu produk, mesin, atau alat yang telah selesai dibuat untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi sesuai dengan desain, spesifikasi, dan tujuan penggunaannya sebelum diserahkan atau digunakan secara resmi.

Secara umum, *trial run* merupakan tahap akhir dalam proses fabrikasi sebelum dilakukan inspeksi akhir (*final inspection*), serah terima (*commissioning*), atau penggunaan alat.