

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Bagian tinjauan pustaka berisi penelitian - penelitian sebelumnya yang telah dilakukan berbagai pihak. Pembahasan tinjauan pustaka ditunjukkan untuk membandingkan dan memperoleh referensi sesuai kajian yang diteliti dan digunakan untuk mengembangkan penelitian yang akan dilakukan sekarang. Berdasarkan identifikasi 7 *waste* yang sudah dilakukan dan terpilih permasalahan *defect*, maka tinjauan pustaka yang dicari akan berfokus pada permasalahan produk cacat sebagai permasalahan terpilih. Pada bagian tinjauan pustaka ini digunakan kata kunci “produk aluminium cacat *sand casting*” untuk melakukan pencarian referensi melalui salah satu *search engine database* yaitu *google scholar*. Dengan menggunakan kata kunci tersebut ditemukan 563 pustaka yang bisa dijadikan referensi sebagai tinjauan pustaka.

Berdasarkan 563 pustaka yang didapat pada *google scholar* mengenai produk cacat *sand casting*, kemudian dilakukan pemilihan (*filtering*) dengan memberikan jangka waktu 10 tahun terakhir sejak 2013 sampai 2022. Hasil yang diperoleh dari pemberian jangka waktu tersebut, ditemukan 487 pustaka yang bisa digunakan sebagai referensi pada tinjauan pustaka. Hasil pustaka yang didapat tersebut, tentunya juga perlu dilakukan *filtering* kembali agar dapat menemukan referensi yang relevan. Hal tersebut dikarenakan beberapa hasil pencarian yang didapat masih ditemukan penggunaan mesin, *sand molding*, dan berbagai hal lainnya yang tidak sesuai dengan proses *sand casting* di IKM Pak Fauzan. Berdasarkan hasil *filtering* yang dilakukan, didapatkan 30 referensi yang kemudian diringkas ke dalam bentuk tabel yang berisi nama pengarang, tipe penelitian (studi kasus atau eksperimen), dan metode penelitian, serta hasil penelitian.

Ringkasan penelitian terdahulu bertujuan untuk mempermudah penelitian dalam memperoleh informasi dari referensi dan memudahkan pembaca mengetahui gambaran isi penelitian dahulu yang digunakan. Ringkasan referensi lebih jelas mengenai faktor yang mempengaruhi produk cacat aluminium dapat dilihat pada Tabel 2.1. Dalam konteks penurunan produk cacat pada *sand casting*, terdapat beberapa hal menjadi penyebab dan perlu untuk dikontrol seperti temperatur, pasir cetakan, dan sistem saluran serta material.

2.1.1. Tinjauan Pustaka Penurunan Produk Cacat dengan Temperatur

Faktor temperatur pada proses *sand casting* memiliki peran yang cukup penting untuk mengendalikan hasil produksi. Terdapat beragam permasalahan temperatur selama proses *sand casting*, mulai dari temperatur tuang, temperatur lebur, dan temperatur air untuk proses pendinginan. Berdasarkan studi pustaka yang didapatkan terdapat beberapa parameter yang dijadikan dasar untuk menentukan produk cacat seperti porositas, kekerasan, dan kekuatan impak. Pada penelitian Harmanto dkk (2016) dilakukan perlakuan temperatur tuang yang berbeda yaitu 650°C, 675°C, 700°C, dan 725°C, serta 750°C. Melalui penelitian tersebut mendapatkan hasil jika semakin tinggi temperatur tuang maka nilai kekerasan dan porositas produk juga semakin besar. Hasil penelitian tersebut didukung dengan penelitian Baihaqi (2021) yang mendapatkan hasil yang sama, meskipun bahan yang digunakan merupakan campuran dari aluminium dan silikon dan variabel berupa temperatur lebur. Berbeda hal dengan hasil penelitian Seng dan Karim (2022) yang mendapatkan hasil berlawanan yaitu semakin tinggi temperatur tuang maka semakin rendah porositas yang terjadi.

Penelitian yang hampir sama dilakukan oleh Hidayat dan Tamjidillah (2016) serta Rahman dan Siswanto (2019). Keduanya secara sama menggunakan temperatur tuang 650°C, 700°C, dan 750°C, serta 800°C, namun menggunakan material berbeda yaitu aluminium bekas wajan dan aluminium bekas kampak, rem, dan panci. Keduanya menghasilkan kesimpulan yang sama bahwa semakin tinggi temperatur maka akan meningkatkan nilai porositas juga. Namun untuk parameter kekerasan didapatkan hasil jika temperatur sudah mencapai titik optimal maka kemudian temperatur yang lebih tinggi akan menyebabkan penurunan nilai kekerasan. Sehingga jika temperatur tuang dinaikkan tidak selalu meningkatkan nilai kekerasan pada produk yang dihasilkan.

Penelitian berbeda juga dilakukan oleh beberapa pihak. Pada penelitian Qohar dkk (2017) mencoba untuk menguji variasi temperatur tuang hanya saja menambahkan variabel tambahan berupa permeabilitas tanah. Dengan menggunakan kedua variabel tersebut, kemudian ditunjukkan untuk menguji nilai porositas dan densitas pada produk yang dihasilkan. Kemudian pada penelitian Wijaya dkk (2017) juga menggunakan temperatur tuang, hanya saja menggunakan parameter hasil berbeda yaitu struktur mikro dan kekuatan impak. Penelitian temperatur *sand casting* lainnya dilakukan oleh Masyrukan (2019) yang menguji

temperatur air pendinginan, untuk mendapatkan nilai kekerasan dari produk yang dihasilkan.

2.1.2. Tinjauan Pustaka Penurunan Produk Cacat dengan Pasir Cetakan

Media pasir dalam proses *sand casting* merupakan salah satu kunci utama yang harus dioptimalkan untuk menghindari adanya produk cacat yang dihasilkan. Berdasarkan studi pustaka dari berbagai sumber, terdapat beraneka macam cara untuk dapat menurunkan produk cacat. Mulai dari penambahan komposisi material lain, menambahkan zat pengikat pasir, dan pengaturan butir pasir, serta menentukan permeabilitas paling optimal. Pada penelitian Hendronursito dan Prayanda (2016) dilakukan pengujian berupa penambahan komposisi bentonit dan air ke dalam pasir cetakan untuk meningkatkan daya ikatan pasir saat proses *sand casting*. Penelitian yang hampir sama juga dilakukan Yani dan Fachri (2021) namun pada penelitian ini membandingkan antara penambahan bentonit dan air kaca untuk mengurangi produk cacat. Parameter yang digunakan untuk menentukan produk cacat pada kedua penelitian itu berbeda yaitu porositas dan kekerasan.

Penelitian lain menggunakan penambahan zat tertentu ke dalam pasir cetakan. Pada penelitian Ghufro dan Sugiyanto (2022) dilakukan penambahan gula tetes dengan variasi persentase tertentu terhadap pasir cetakan. Dengan melakukan penambahan gula tetes didapatkan hasil jika komposisi gula tetes paling sedikit menghasilkan cacat *gas hole* yang paling sedikit. Kemudian pada penelitian lain oleh Darsono dan Harjanto (2013) mencoba menambahkan serbuk *dry cell* bekas dengan parameter produk cacat yang digunakan berupa porositas dan kekerasan. Melalui percobaan yang dilakukan, telah didapatkan hasil jika penambahan serbuk *dry cell* dapat meningkatkan porositas dan kekerasan produk dihasilkan.

Penelitian pasir cetak lain juga dilakukan oleh Slamet (2015) dan Saputra dkk (2018). Pada penelitian Slamet (2015) menggunakan ukuran butiran pasir dengan *mesh* 200 dan didapatkan hasil jika semakin besar komposisi pasir *mesh* 200 juga akan meningkatkan produk cacat. Adapun parameter yang digunakan dalam penelitian ini berupa kekasaran dan porositas. Berbeda hal dengan penelitian Saputra dkk (2018) yang menggunakan parameter produk cacat berupa kekerasan dan menggunakan pasir cetak dengan *mesh* 80, 30, dan 16. Dengan menggunakan komposisi tersebut ternyata juga mendapatkan hasil yang sama, yaitu semakin besar butiran pasir (*mesh*) akan meningkatkan produk cacat. Hal

tersebut juga didukung dengan penelitian Qohar dkk (2017) jika semakin rendah permeabilitas maka juga menurunkan porositas produk.

2.1.3. Tinjauan Pustaka Penurunan Produk Cacat dengan Sistem Saluran

Pengaturan sistem saluran pada proses *sand casting* memiliki banyak cara, mulai dari pengaturan ukuran, jenis saluran, dan jumlah saluran, serta bentuknya. Penelitian yang hampir sama dilakukan oleh beberapa pihak seperti Fachrie dan Sidharta (2015) yang menguji sistem saluran dan *riser* terhadap cacat produk berupa *shrinkage*. Namun pada penelitian Rahangmetan (2018) mencoba untuk menurunkan produk cacat dengan parameter kekerasan dan struktur mikro dengan bentuk saluran atas dan *riser* yang berbeda. Penelitian mengenai ukuran *riser* dilakukan oleh Wicaksono (2021) yang menggunakan diameter dengan tiga variasi berbeda, dan didapatkan dengan ukuran *riser* yang semakin besar juga akan mengurangi cacat penyusutan pada produk. Penelitian dengan variabel *riser* lainnya juga dilakukan Sandi dan Yudiono (2020) tetapi bukan dengan diameter, melainkan dengan volume saluran *riser*. Penelitian lain juga dilakukan oleh Endramawan dkk (2019) yang menggunakan variabel ketinggian *sprue* pada saluran atas cetakan *sand casting*.

Pada penelitian Kristiadi dkk (2018) juga melakukan studi ukuran saluran berupa panjang *runner* dan radius *top sprue well* dan menggunakan parameter kecacatan berupa porositas dan *shrinkage* (penyusutan). Hasil yang didapat yaitu cacat porositas dan penyusutan terkecil didapatkan dari desain yang memiliki panjang *runner* terkecil dan radius *top sprue well* terbesar. Namun pada penelitian Sutopo dkk (2018) mencoba menguji diameter saluran cetakan pasir yang berbeda dan dibantu *software* simulasi untuk mendapatkan hasilnya. Hasil yang didapat juga menyebutkan bahwa diameter saluran turut mempengaruhi terjadinya cacat produk. Semakin kecil diameter saluran juga akan mengurangi potensi cacat produk yang terjadi sekaligus tingkat *porosity* produk. Penelitian lain mengenai *sprue well* juga dilakukan oleh Susilowati dan Permana (2020), hanya saja pada penelitian ini lebih berfokus pada bentuknya yang mempengaruhi produk cacat.

Penelitian sistem saluran berupa tipe saluran dilakukan juga oleh Saifullah dan Mamungkas (2019) dengan menggunakan 3 tipe saluran berbeda yang menghasilkan produk dengan kekuatan impak berbeda. Dengan menggunakan variabel berupa tipe yang sama, Hendaryati dan Irvan (2021) juga melakukan penelitian tipe saluran *sand casting*. Namun pada penelitian tersebut

menggunakan parameter kecacatan berupa *tensile strength*. Penelitian mengenai saluran lainnya dilakukan oleh Tanoyo dkk (2017) yang meneliti pengaruh jumlah saluran *ingate* terhadap kecacatan produk. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut yaitu jumlah saluran yang tepat akan menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi dan tidak bergantung pada banyak atau sedikitnya jumlah *ingate*.

2.1.4. Tinjauan Pustaka Penurunan Produk Cacat dengan Material

Penelitian *sand casting* yang berfokus pada material aluminium secara umum hanya berupa komposisi aluminium dari suatu material yang akan diproses secara *sand casting*. Pada penelitian Fasya dan Iskandar (2015) menggunakan aluminium daur ulang dengan sumber berbeda seperti kaleng, limbah *velg*, limbah blok mesin, serta limbah rumah tangga. Dengan berbagai sumber aluminium yang berbeda kemudian diproses secara *sand casting* untuk mengetahui material dengan cacat berupa porositas dan *melt loss*. Hasil yang didapat yaitu nilai porositas terendah didapatkan dari limbah logam rumah tangga, sedangkan persentase *melt loss* terkecil didapatkan dari material berupa kaleng. Penelitian material lain juga dilakukan Harun dkk (2019) yang menguji komposisi piston bekas dan aluminium *remelting* berbeda, hanya saja pada penelitian ini ditambahkan variabel waktu peleburan dan pendinginan. Hasil yang didapat tentunya berbeda antara satu komposisi dan lainnya yang berupa cacat permukaan, kekasaran dan kekerasan. Selain itu waktu peleburan terbaik adalah waktu terlama dan waktu pendinginan terbaik adalah waktu tersingkat.

Tabel 2.1. Ringkasan Penelitian Produk Cacat *Sand Casting* Terdahulu

No	Pengarang dan Tahun	Penyebab Cacat	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Harmanto dkk (2016), Hidayat dan Tamjidillah (2016), Qohar dkk (2017), Wijaya dkk (2017), Rahman dan Siswanto (2019), Baihaqi dkk (2021), Seng dan Karim (2022)	Temperatur	Menganalisis pengaruh permeabilitas pasir, temperatur tuang, temperatur lebur terhadap produk cacat	Menentukan nilai permeabilitas, temperatur tuang, <i>mesh</i> pasir, dan temperatur lebur terbaik yang menghasilkan produk cacat minimal dengan parameter porositas, densitas, kekerasan, dan kekasaran, serta kekuatan impak.
2	Yusup dan Purbawati (2022)	Pasir Cetakan	Menganalisis akar permasalahan produk cacat dengan <i>fishbone diagram</i>	Memberikan usulan perbaikan pada setiap akar permasalahan yang didapat.
3	Sudiyanto dan Shiddiq (2020)	Saluran Cetakan dan Pasir Cetakan	Menganalisis produk cacat dengan uji visual untuk menemukan akar permasalahan produk cacat	Memberikan usulan perbaikan pada setiap akar permasalahan yang didapat sesuai dengan masing – masing jenis cacat.

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Pengarang dan Tahun	Penyebab Cacat	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
4	Hendronursito dan Prayanda (2016) Yani dan Fachri (2021)	Komposisi pasir	Menganalisis pasir cetakan dengan penambahan komposisi pengikat seperti bentonit dan air	Mendapatkan komposisi pasir dengan penambahan bentonit dan air untuk menghasilkan cacat minimal dengan parameter porositas dan kekerasan
5	Syukron dan Akbar (2020)	Temperatur dan Saluran Cetakan	Menganalisis produk cacat sesuai jenis cacat yang terjadi untuk menemukan akar permasalahan produk cacat	Memberikan usulan perbaikan pada setiap akar permasalahan yang didapat sesuai dengan masing – masing jenis cacat.
6	Fasya dan Iskandar (2015)	Komposisi Material	Menganalisis persentase produk cacat yang dihasilkan dari aluminium daur ulang dengan jenis berbeda.	Menghasilkan jenis aluminium daur ulang yang menghasilkan cacat minimum dengan parameter porositas dan <i>melt loss</i> .

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Pengarang dan Tahun	Penyebab Cacat	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
7	Fachrie dan Sidhata (2015), Kristiadi dkk (2018), Rahangmetan dkk (2018), Sutopo dkk (2018), Endramawan dkk (2019), Saifullah dan Mamungkas (2019), Sandi dan Yudiono (2020), Susilowati dan Permana (2020), Hendaryati dan Irkham (2021), Wicaksono (2021),	Saluran Cetakan	Menganalisis variasi bentuk, tipe, dan ukuran serta volume sistem saluran dan <i>riser</i> pada cetakan <i>sand casting</i> terhadap cacat produk	Menghasilkan bentuk sistem saluran terbaik dengan parameter kekerasan produk, <i>impact</i> , <i>tensile strength</i> , dan penyusutan (<i>shrinkage</i>) yang dapat meminimalkan produk cacat
8	Harun dkk (2019)	Komposisi Material	Menganalisis variasi komposisi material berupa campuran piston bekas dan aluminium <i>remelting</i> disertai variasi waktu peleburan dan pendinginan yang berbeda	Menghasilkan komposisi material, waktu peleburan, dan waktu pendinginan terbaik yang dapat meminimalkan cacat produk dengan parameter kekasaran.

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Pengarang dan Tahun	Penyebab Cacat	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
9	Ghufron dan Sugiyanto (2022)	Pasir Cetakan	Menganalisis penambahan gula tetes pada pasir cetakan untuk meminimalkan cacat <i>gas holes</i> .	Mendapatkan data persentase penambahan gula tetes yang tepat pada pasir cetakan yang menghasilkan jumlah cacat <i>gas holes</i> paling sedikit.
10	Darsono dan Harjanto (2013)	Pasir Cetakan	Menganalisis penambahan serbuk <i>dry cell</i> bekas untuk mengurangi kecacatan produk	Mendapatkan komposisi serbuk <i>dry cell</i> yang menghasilkan produk cacat minimal
11	Saputra dkk (2018)	Pasir Cetakan	Menganalisis ukuran butiran pasir pada cetakan <i>sand casting</i> untuk mengurangi jumlah produk cacat	Didapatkan komposisi butiran pasir cetak yang menghasilkan produk cacat paling minimal dengan parameter kekerasan
12	Slamet (2015)	Pasir Cetakan	Menganalisis distribusi <i>mesh</i> butiran pasir untuk menurunkan jumlah produk cacat dan dapat meningkatkan produktivitas	Menghasilkan komposisi <i>mesh</i> butiran pasir untuk cetakan yang tepat dalam menghasilkan produk cacat minimal dengan parameter kekasaran dan porositas.

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Pengarang dan Tahun	Penyebab Cacat	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
13	Tanoyo dkk (2017)	Saluran Cetakan	Menganalisis jumlah saluran masuk (<i>ingate</i>) pada cetakan pasir untuk mengurangi jumlah produk cacat	Menghasilkan jumlah cetakan optimal untuk mengurangi produk cacat dengan parameter kekerasan dan struktur mikro.
14	Masyrukan (2019)	Temperatur	Menganalisis variasi temperatur air untuk pendinginan pada proses <i>sand casting</i>	Menghasilkan temperatur air paling optimal saat proses pendinginan untuk mengurangi produk cacat dengan parameter kekerasan.
15	Harmanto dkk (2016)	Temperatur	Menguji variasi temperatur tuang yang dapat menurunkan cacat produk	Mendapatkan temperatur tuang yang menghasilkan cacat produk minimal dengan parameter porositas dan kekerasan.

2.2. Dasar Teori

Dasar teori pada penelitian ini, khusus berisi berbagai teori yang menjadi landasan pada penelitian yang dilakukan. Teori - teori yang digunakan adalah teori yang relevan dan telah dilakukan oleh para ahli dalam membantu suatu penelitian.

2.2.1. Pengertian dan Karakteristik Kualitas

Konsep kualitas mempunyai berbagai macam sudut pandang baik dari konsumen ataupun dari penilaian akhir produk atau layanan. Kualitas sendiri memiliki pengaruh berbeda bagi konsumen ataupun produsen. Perbedaan pengaruh dan pandangan terhadap kualitas tersebut disebabkan karena perbedaan kebutuhan dan kepentingan antara kedua pihak. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, mulai muncul berbagai definisi dari kualitas menurut para ahli.

- a. Menurut Tjiptono (2005) mendefinisikan kualitas sebagai konsep yang terdiri dari beberapa poin penting seperti :
 1. Kesesuaian terhadap tuntutan/kecocokan.
 2. Kecocokan dalam proses pemakaian.
 3. Tidak memiliki cacat/kerusakan.
 4. Kebutuhan pelanggan yang terpenuhi sejak awal hingga setiap saat.
 5. Perbaikan berkelanjutan.
 6. Perlakuan benar sejak awal.
 7. Suatu hal yang membahagiakan atau peningkatan kualitas pelanggan.
- b. Kualitas menurut Montgomery (2008) didefinisikan sebagai sesuatu hal yang berkaitan dengan satu atau lebih karakteristik keinginan konsumen yang harus dimiliki oleh suatu produk atau layanan.
- c. Mitra (2016) mendefinisikan kualitas sebagai kesesuaian produk dalam rangka memenuhi keinginan konsumen.
- d. Heizer dan Render (2015) mendefinisikan kualitas sebagai suatu sarana keseluruhan dan karakteristik suatu produk atau jasa yang memiliki kemampuan untuk memenuhi kebutuhan melalui suatu produk secara tersirat.
- e. Kotler dan Keller (2016) mengartikan kualitas sebagai karakteristik dan ciri keseluruhan suatu produk atau jasa yang dapat memenuhi suatu tujuan untuk dalam rangka memuaskan konsumen.

Berdasarkan beberapa pandangan mengenai definisi kualitas, dapat dikatakan bahwa kualitas merupakan ukuran dan tujuan akhir dari kepuasan pelanggan

terhadap barang atau jasa yang sesuai permintaan. Maka tentunya kualitas harus dikelola dengan baik serta menyesuaikan dengan kapasitas dan kemampuan yang dimiliki produsen. Kualitas yang tepat seharusnya juga mempunyai karakteristik atau dimensi yang dapat dihitung secara kualitatif maupun kuantitatif. Dimensi suatu kualitas akan tepat jika dapat dihitung agar mudah dievaluasi dan disesuaikan dengan kebutuhan konsumen. Dalam buku “Manajemen Mutu Terpadu: *Total Quality Management*” yang ditulis oleh M.N. Nasution, terdapat pembagian dimensi kualitas menurut David A. Garvin yang terbagi menjadi delapan karakteristik.

a. Dimensi kinerja (*Performance*)

Dimensi kualitas yang berkaitan dengan fungsi suatu produk dan menjadi parameter pertama yang menjadi pertimbangan konsumen memilih produk.

b. Dimensi fitur (*Features*)

Dimensi yang bertujuan meningkatkan fungsi dasar suatu produk serta pengembangan yang akan dilakukan pada produk tersebut.

c. Dimensi keandalan (*Reliability*)

Dimensi mengenai kemampuan fungsionalnya secara maksimal pada kondisi atau waktu tertentu.

d. Dimensi kesesuaian (*Conformance*)

Dimensi kualitas mengenai kesesuaian produk dengan spesifikasi dan karakteristik yang sudah ditetapkan sesuai kebutuhan atau keinginan konsumen.

e. Dimensi ketahanan (*Durability*)

Dimensi tentang ukuran umur pemakaian suatu produk dan kemampuan daya tahan produk.

f. Dimensi kemampuan pelayanan (*Serviceability*)

Dimensi kualitas yang menunjukkan karakter pelayanan yang diberikan dari suatu produk kepada konsumen mengenai kecepatan, kesopanan, akurasi, dan kompetensi, serta kemudahan perbaikan.

g. Dimensi estetika (*Esthetics*)

Dimensi mengenai karakteristik subjektif dari perspektif konsumen yang mempertimbangkan pilihan dan preferensi personal.

h. Dimensi kualitas yang dipersepsikan (*Perceived Quality*)

Dimensi yang bersifat subjektif dan berhubungan dengan perasaan dan kepuasan saat pemakaian suatu produk oleh konsumen.

Menurut Mitra (2016) suatu kualitas tentunya juga mempunyai karakteristiknya masing - masing. Karakteristik kualitas didefinisikan sebagai suatu elemen atau lebih yang menentukan tingkatan kualitas suatu produk atau layanan tertentu. Adapun karakteristik kualitas terbagi menjadi empat kategori yaitu karakteristik struktural (berat, panjang, viskositas), karakteristik sensoris (rasa dan bau), dan karakteristik berorientasi waktu (waktu proses, garansi, perawatan), serta karakteristik etikal (kejujuran dan keramahan). Karakteristik kualitas dapat dibedakan menjadi dua yaitu variabel dan atribut. Variabel merupakan karakteristik yang dapat diukur dan dinyatakan secara numeris seperti kecepatan, panjang, dan massa jenis. Variabel atribut merupakan karakteristik kualitas yang tidak dapat diukur dan dinyatakan dalam skala numeris seperti warna dan bau.

Proses penentuan karakteristik dari suatu produk atau layanan memiliki caranya tersendiri. Pada karakteristik atribut perlu ditentukan dahulu terkategori ke dalam *nonconformity* atau *nonconforming unit*. Kategori *nonconformity* melibatkan karakteristik kualitas barang ataupun jasa yang tidak memenuhi ketentuan dari spesifikasi. Kategori *nonconforming unit* terjadi jika terdapat satu atau lebih *nonconformities* pada produk ataupun layanan, sehingga tidak memenuhi ketentuan standar. Karakteristik kualitas suatu barang ataupun jasa bisa ditentukan sebagai atribut jika saat ditentukan, barang ataupun jasa itu terkategori sebagai *conforming* atau *nonconforming* dari ketentuan spesifikasi. Dalam karakteristik kualitas juga terdapat istilah *defect* yaitu karakteristik kualitas yang tidak memenuhi ketentuan standar. Tingkat *severity* suatu *defect* atau lebih dari suatu barang ataupun jasa dapat menyebabkan barang atau jasa itu tidak diterima dan disebut *defective*. Dalam ketentuan terbaru, *defect* berarti *nonconformity*, sementara *defective* berarti *nonconforming unit*.

2.2.2. Produk Cacat

Suatu produk didefinisikan sebagai sesuatu yang ditawarkan ke pasar dalam rangka mendapatkan perhatian, kemudian dibeli, serta digunakan sehingga dapat memenuhi kepuasan dan kebutuhan konsumen (Kotler dan Amnstrong, 2008). Menurut Laksana (2008), suatu produk didefinisikan sebagai segala yang baik dan bersifat fisik maupun non fisik yang dapat ditawarkan untuk memenuhi keinginan dan kebutuhan konsumen. Berdasarkan hal tersebut maka produk menjadi hal utama untuk mendapatkan kepuasan konsumen yang harus dijaga dan dikelola. Suatu produk yang baik tidak dapat dipisahkan dari kecacatan yang dialami, baik

dari sudut pandang konsumen ataupun produsen. Sehingga penurunan produk cacat pada suatu proses produksi turut mempengaruhi penurunan biaya produksi yang akan dilakukan (Kholil dan Prasetyo, 2017).

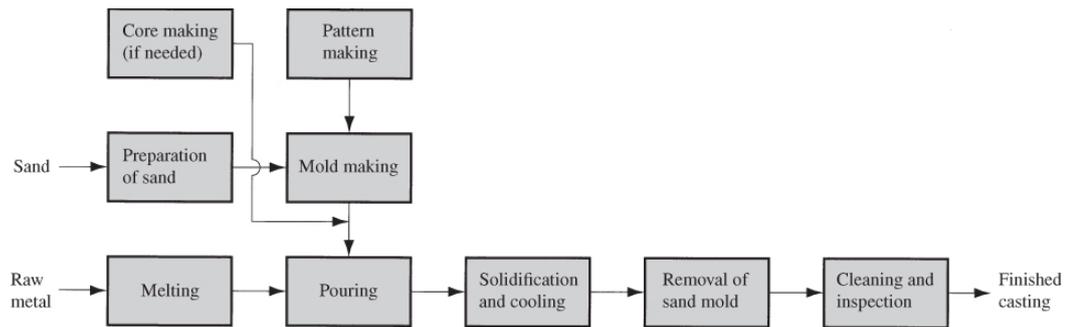
Produk cacat didefinisikan Mulyadi (2012) sebagai produk yang tidak memenuhi ketetapan standar mutu dan tidak dapat diperbaiki menjadi produk yang baik. Namun menurut Bastian dkk (2009) produk cacat didefinisikan sebagai suatu produk yang dihasilkan dari proses produksi yang tidak sesuai dengan ketetapan standar mutu tetapi bisa menambahkan biaya tertentu untuk memperbaikinya. Menurut Amaliyah (2003) terdapat tiga jenis produk cacat yaitu *manufacturing defect*, *design defect*, dan *instruction defect*. Pada penelitian ini, produk yang dikaji merupakan produk cacat dengan jenis *production defect* atau *manufacturing defect*. Jenis cacat tersebut merupakan cacat yang disebabkan akibat proses produksi yang menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan kriteria yang diharapkan.

2.2.3. Teknik Sand Casting

Menurut Groover (2019) menjelaskan bahwa *sand casting* merupakan proses pengecoran yang paling banyak digunakan karena serba guna untuk pengecoran logam dengan suhu leleh tinggi. Teknik *sand casting* terdiri dari proses penuangan logam cair ke pasir cetakan, kemudian dibiarkan mengeras, dan memecah cetakan untuk menghilangkan pengecoran. Terdapat beberapa proses penting dalam proses *sand casting*.

- a. Perlakuan panas diperlukan untuk meningkatkan sifat metalurgi dan mekanik
- b. Rongga cetakan pasir dibentuk dengan cara mengemas pasir di sekitar pola, kemudian menghilangkan pola tersebut dengan memisah cetakan.
- c. Dalam cetakan juga berisi sistem saluran atau *gating* dan *riser*.

Berdasarkan uraian singkat di atas, diketahui jika *sand casting* bukan hanya pengecoran saja, tetapi juga proses pembuatan pola dan cetakan pasirnya. Urutan produksi dari proses *sand casting* dijelaskan pada gambar berikut.

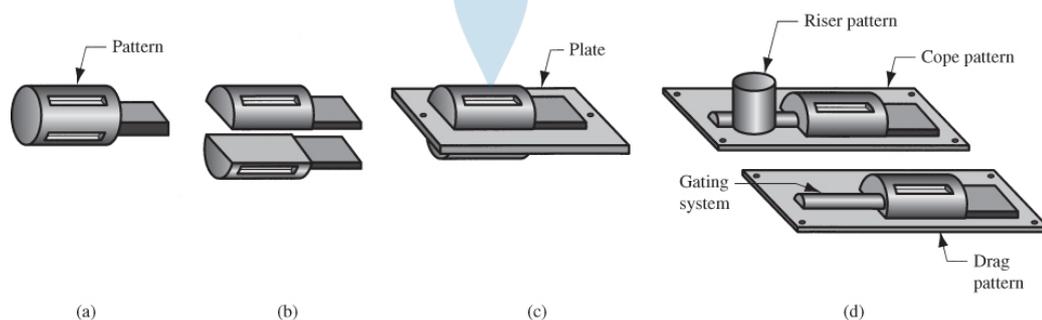


Gambar 2.1. Urutan Proses *Sand Casting* (Groover, 2019)

Proses *sand casting* terdiri dari tiga aktivitas utama yaitu pola atau inti, cetakan dan pembuatan cetakan, serta proses pengecoran.

a. Pola dan Inti

Dalam teknik *sand casting* membutuhkan suatu pola sebagai tempat pengecoran. Terdapat beberapa bahan yang sering digunakan dalam pembuatan pola *sand casting* seperti kayu, plastik, dan logam. Kayu termasuk bahan pola yang umum karena mudah dibentuk, namun memiliki kerugian yang cenderung melengkung, dan terkikis oleh pasir yang dipadatkan di sekitarnya. Hal tersebut bisa membatasi penggunaan kayu yang sudah dipakai untuk kemungkinan dipakai kembali. Selain itu terdapat bahan logam sebagai pola yang lebih mahal untuk dibuat, tetapi bertahan lebih lama. Ada juga bahan plastik yang mewakili antara kayu dan logam. Oleh karena itu, pemilihan bahan pola yang sesuai, bergantung pada jumlah total pengecoran yang akan dibuat.



Gambar 2.2. Tipe Pola *Sand Casting* (Groover, 2019)

Menurut Groover (2019) terdapat beberapa jenis pola dalam proses *sand casting* yang digambarkan seperti gambar di atas yaitu *solid pattern*, *split pattern*, *match-plate pattern*, dan *cope-and-drag pattern*. *Solid pattern* merupakan yang paling sederhana dan terbuat dari satu bagian saja karena terdiri dari geometri sama

dengan pengecoran dan memiliki ukuran yang disesuaikan untuk penyusutan. Meskipun pola termudah untuk dibuat, namun bukan termudah untuk digunakan. Hal tersebut karena menentukan lokasi garis perpisahan antara dua bagian cetakan untuk pola padat cukup sulit dan bisa menjadi masalah. Selain itu memasukkan sistem *gating* dan *sprue* ke dalam cetakan juga ditentukan kepada penilaian dan keterampilan pekerja pengecoran, sehingga *solid pattern* umumnya terbatas pada jumlah produksi yang sangat rendah.

Split pattern terdiri atas dua bagian yang memisahkan sepanjang bidang dengan garis perpisahan cetakan. Pola ini lebih cocok jika digunakan geometri bagian kompleks dan jumlah produksi sedang. Garis perpisahan cetakan ditentukan sebelumnya oleh dua bagian pola dan bukan atas pembagian operator. Pada pola *match-plate pattern* digunakan untuk produksi dengan jumlah tinggi yang memiliki kedua potongan pola belah dipasang pada sisi berlawanan dari pelat kayu atau logam. Lubang di pelat memungkinkan bagian atas dan bawah (menangani dan menyeret) cetakan disejajarkan secara akurat. Di sisi lain, pola *cope-and-drag* mirip dengan pola *match-plate* namun memiliki bagian pola *split* yang terpisah dengan pelat. Sehingga bagian *cope-and-drag* dari cetakan dapat dibuat secara terpisah.

b. Cetakan dan Pembuatan Cetakan

Pasir cetakan *sand casting* harus memiliki sifat refraktor yang baik dimana memiliki kapasitas untuk bertahan di bawah suhu tinggi tanpa meleleh atau terdegradasi. Fitur penting lainnya dari pasir meliputi ukuran butir, distribusi ukuran butir dalam campuran, dan bentuk butir. Ukuran butiran yang kecil memberikan penyelesaian permukaan yang lebih baik pada bagian cetakan, tetapi ukuran butiran yang besar lebih permeabel (untuk memungkinkan keluarnya gas selama penuangan). Cetakan yang terbuat dari butiran yang bentuknya tidak beraturan cenderung lebih kuat daripada cetakan butiran bulat karena saling mengunci, namun saling mengunci cenderung membatasi permeabilitas. Selain pasir dan pengikat, aditif terkadang digabungkan dengan campuran untuk meningkatkan sifat seperti kekuatan dan/atau permeabilitas cetakan.

Pembuatan cetakan pasir dilakukan dengan pemadatan pasir yang paling sederhana yaitu dengan tangan operator. Namun juga terdapat mesin cetakan pasir yang dapat memeras, dan mencetak ke dalam cetakan yang sudah

disediakan. Terdapat beberapa indikator dalam menentukan kualitas pasir cetakan seperti berikut.

1. Kekuatan, merupakan kemampuan cetakan untuk mempertahankan bentuknya dan menahan erosi yang disebabkan oleh aliran logam cair. Hal itu tergantung pada bentuk butiran, kualitas perekat pengikat, dan beberapa faktor lainnya.
2. Permeabilitas, merupakan kapasitas cetakan untuk memungkinkan udara panas dan gas dari operasi pengecoran melewati rongga di pasir.
3. Stabilitas termal, adalah kemampuan pasir pada permukaan rongga cetakan untuk menahan retak dan tekuk saat kontak dengan logam cair.
4. *Collapsibility*, yaitu kemampuan cetakan untuk memberi jalan dan membiarkan pengecoran menyusut tanpa merusak pengecoran. Hal itu juga mengacu pada kemampuan untuk menghilangkan pasir dari pengecoran selama pembersihan.
5. *Reusability*, yang didefinisikan sebagai kemampuan pasir cetakan untuk digunakan kembali.

Menurut Groover (2019) terdapat beberapa klasifikasi dari cetakan pasir yaitu pasir hijau, pasir kering, dan cetakan kering kulit.

1. Cetakan pasir hijau terbuat dari campuran pasir, tanah liat, dan air. Kata "hijau" dikaitkan dengan fakta bahwa cetakan mengandung uap air pada saat penuangan. Cetakan pasir hijau memiliki kekuatan yang cukup untuk sebagian besar implementasi, keruntuhan yang baik, permeabilitas yang baik, kegunaan yang baik, dan merupakan cetakan yang paling murah. Mereka adalah jenis cetakan yang paling banyak digunakan, tetapi bukan tanpa masalah. Kelembaban di pasir dapat menyebabkan cacat pada beberapa pengecoran, tergantung pada logam dan geometri bagian tersebut.
2. Cetakan pasir kering dibuat menggunakan pengikat organik tanah liat, dan cetakannya dipanggang dalam oven besar pada suhu berkisar antara 200°C sampai 320°C (atau sekitar 400°F hingga 600°F). Cetakan pasir kering memberikan kontrol dimensi yang lebih baik pada produk cetakan, dibandingkan dengan cetakan pasir hijau. Namun, cetakan pasir kering lebih mahal, dan tingkat produksi berkurang karena waktu pemanggangan. Aplikasi umumnya terbatas pada pengecoran sedang dan besar dengan tingkat produksi rendah hingga sedang.

3. Cetakan kering kulit memiliki keuntungan dari cetakan pasir kering yaitu sebagian dicapai dengan mengeringkan permukaan cetakan pasir hijau hingga kedalaman 10 sampai 25 mm (0,4 sampai 1 inci) pada permukaan rongga cetakan, menggunakan obor, lampu pemanas, atau cara lain. Bahan pengikat khusus harus ditambahkan ke campuran pasir untuk memperkuat permukaan rongga.

c. Proses Pengecoran

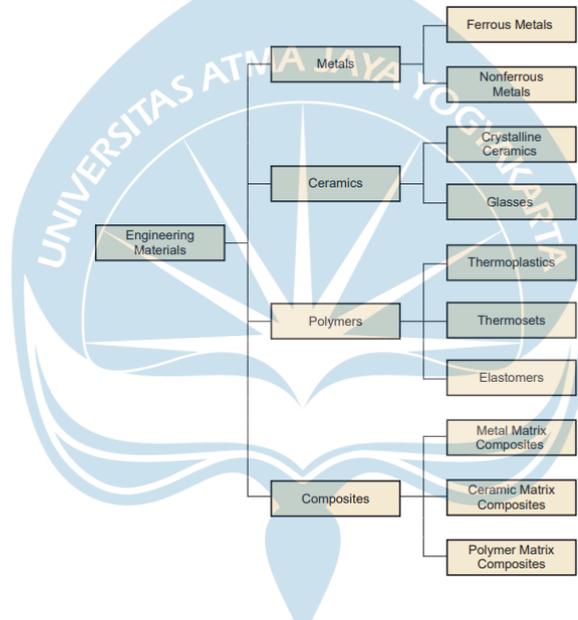
Pengecoran terdiri dari penuangan, pemadatan, dan pendinginan bagian coran. Sistem *gating* dan *riser* dalam cetakan harus dirancang untuk mengantarkan logam cair ke dalam rongga dan menyediakan reservoir logam cair yang cukup selama penyusutan pemadatan. Udara dan gas harus dibiarkan keluar agar tidak menimbulkan gas udara pada cairan. Salah satu bahaya selama penuangan adalah daya apung logam cair akan menggeser inti. Daya apung dihasilkan dari berat logam cair yang dipindahkan oleh inti, menurut prinsip Archimedes. Gaya yang cenderung mengangkat inti sama dengan berat cairan yang dipindahkan dikurangi dengan berat inti itu sendiri. Setelah pemadatan dan pendinginan, cetakan pasir dipecah dari pengecoran untuk mengambil bagian tersebut. Bagian tersebut kemudian dibersihkan, sistem *gating* dan riser dipisahkan, dan pasir dihilangkan. Hasil pengecoran kemudian diperiksa lebih lanjut.

2.2.4. Diagram Interelasi

Teknik analisis dengan diagram termasuk salah satu *tools* yang mempermudah dalam memahami relasi dan pengelompokan konsep (Vinsentricia dkk, 2015). Menurut Duggett (2004) diagram interelasi merupakan salah satu teknik analisis yang bertujuan mengidentifikasi sebab akibat dari hubungan – hubungan antara berbagai aspek dalam situasi kompleks. Diagram ini digunakan untuk menggambarkan keterkaitan hubungan atau konsep satu dengan lainnya dalam suatu ruang lingkup. Diagram interelasi juga mempermudah penyederhanaan materi kompleks ke dalam suatu rangkaian hubungan sederhana yang mudah dipahami. Diagram ini juga bisa digunakan untuk menganalisis penyebab masalah tertentu secara grafis dari sekumpulan faktor yang memiliki pengaruh hasil akhir suatu proses. Penggunaan diagram ini cocok dan paling sering digunakan dalam kasus masalah kompleks yang sekaligus memfasilitasi penentuan ketergantungan (Gucma, 2015).

2.2.5. Material Aluminium

Menurut Groover (2019) *engineering material* diklasifikasikan menjadi 4 yaitu logam, keramik, dan polimer, serta komposit. Antara keempat material tersebut logam, keramik, dan polimer termasuk tiga material dasar yang memiliki sifat mekanik dan fisik yang berbeda. Namun material komposit merupakan campuran nonhomogen dari dua atau tiga jenis material dasar lainnya. Pada jenis material logam terbagi menjadi dua golongan yaitu *ferrous metals* dan *nonferrous metal*. *Ferrous metals* didasarkan pada besi termasuk kelompok baja dan cor lainnya (*cast*), dan juga unsur lainnya seperti oksigen, karbon, dan nitrogen. Tetapi golongan *nonferrous metals* diisi oleh logam dan paduannya (*alloys*) yang tidak berdasarkan besi seperti emas, nikel, dan titanium, serta aluminium.



Gambar 2.3. Klasifikasi *Engineering Materials* (Groover, 2019)

Kedua klasifikasi logam memiliki keunggulan dan kekurangannya masing – masing. Meskipun logam *nonferrous* tidak dapat menandingi kekuatan baja (kelompok *ferrous*), tetapi paduan *nonferrous* tertentu memiliki ketahanan terhadap korosi dan/atau rasio kekuatan terhadap berat yang membuatnya bersaing dengan baja dalam tekanan sedang hingga tinggi aplikasi. Selain itu, banyak dari logam *nonferrous* memiliki sifat lain daripada mekanik yang membuatnya ideal untuk aplikasi di mana jika baja yang digunakan sangat tidak cocok. Misalnya aluminium yang termasuk salah satu logam paling mudah dibentuk dan merupakan konduktor panas yang baik. Sifat yang dimiliki aluminium

ini kemudian sering diaplikasikan sebagai bahan dasar peralatan memasak selain karena ringan.

Aluminium termasuk ke dalam logam yang ringan dan sering ditemukan dalam aplikasi teknik. Antara logam utama, aluminium merupakan salah satu pendatang baru yang berasal dari akhir tahun 1800. Biji aluminium utama adalah bauksit yang terdiri dari sebagian besar aluminium terhidrasi. Secara umum aluminium diproduksi melalui beberapa tahapan (Groover, 2019).

1. Pencucian dan penghancuran biji bauksit menjadi bubuk halus
2. Proses Bayer, pada proses ini bauksit diubah menjadi alumina murni
3. Proses Elektrolisis, merupakan proses alumina dipisahkan menjadi aluminium dan oksigen.

Tabel 2.2. Material Properties dari Aluminium (Groover, 2019)

Informasi	Keterangan
Simbol	Al
Nomor Atom	13
Massa Jenis (Densitas)	2,70 g/cm ³
Struktur Kristal	<i>Face Centered Cubic</i> (FFC)
Temperatur Lebur	660 ^o C (1220 ^o F)
Modulus Elastisitas	69.000 MPa
Biji Utama	Bauksit
Elemen Paduannya	Tembaga, magnesium, mangan, silikon, dan seng
Aplikasi khas	Wadah (kaleng aluminium), <i>wrapping foil</i> , konduktor listrik, panci dan wajan, suku cadang konstruksi, dan otomotif

2.2.6. Perancangan Standarisasi dalam Konteks Penurunan Produk Cacat

Menurut Oakland (2019) perancangan dalam konteks mengurangi produk cacat didefinisikan sebagai suatu proses perencanaan sebuah sistem atau metode untuk mengurangi jumlah produk cacat yang dihasilkan dalam suatu proses produksi. Perancangan ini melibatkan pemilihan teknologi, peraturan proses produksi, peralatan, dan pelatihan tenaga kerja. Sementara itu, standarisasi diartikan sebagai proses memastikan bahwa produk yang dihasilkan dalam suatu proses

produksi memenuhi standar tertentu dan meminimalkan jumlah cacat yang dihasilkan. Standarisasi juga melibatkan standar operasi, penerapan teknik pengendalian mutu, dan pelatihan tenaga kerja dalam rangka memastikan bahwa setiap orang yang terlibat dalam proses produksi memahami dan mematuhi standar yang telah ditetapkan. Berdasarkan kedua konsep perancangan dan standarisasi, maka dapat dikatakan satu dengan lainnya saling melengkapi dengan melakukan perancangan berupa standarisasi.

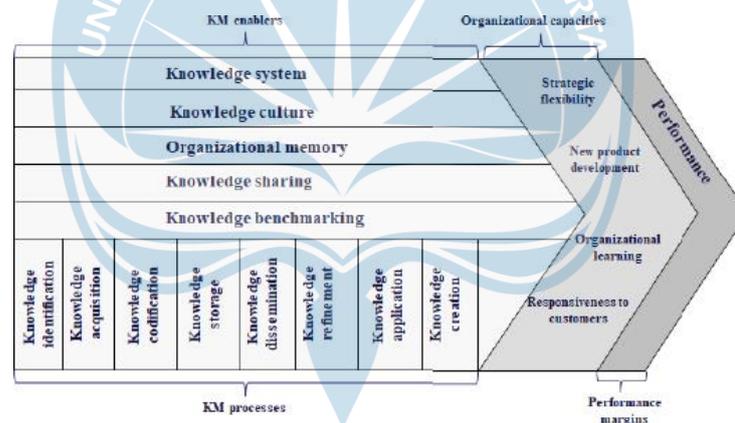
Penurunan produk cacat sering kali dikaitkan dengan konsep pengendalian kualitas. Namun dalam pelaksanaannya, tetap dibutuhkan analisa situasi dan perencanaan yang tepat untuk dapat menentukan usulan yang diberikan termasuk ke dalam metode perancangan atau pengendalian. Menurut Kiran (2017) terdapat perbedaan konsep antara perancangan dan pengendalian dalam upaya penurunan produk cacat. Perancangan merupakan proses perencanaan dan pengembangan produk atau proses produksi yang didesain untuk meminimalkan risiko produk cacat. Sementara pengendalian didefinisikan sebagai proses *monitoring* dan pengawasan selama proses produksi untuk mencegah atau menangani terjadinya produk cacat. Berdasarkan kedua konsep tersebut, dapat dikatakan jika perancangan dan pengendalian berbeda dari sisi fokus dan penerapannya. Perancangan lebih berfokus pada pengembangan proses produksi yang dapat meminimalkan risiko produk cacat sedangkan pengendalian fokus pada pengawasan dan pengendalian selama proses produksi untuk mencegah terjadinya cacat. Selain itu, perancangan dilakukan pada tahap awal proses produksi, sedangkan pengendalian dilakukan selama proses produksi berlangsung.

2.2.7. Metode Perancangan Standarisasi

Pada dasarnya tidak ada suatu metode tunggal yang paling benar dan tepat untuk mencegah terjadinya produk cacat, karena setiap metode memiliki kelebihan dan kelemahan yang berbeda-beda. Ditambah dengan situasi dan kondisi yang berbeda membuat penelitian menjadi suatu hal yang kompleks dan membuat suatu metode memiliki kesenjangan dengan persyaratan sesungguhnya. Namun tentunya dalam suatu penelitian terdapat metode yang sesuai, jika melihat berbagai sudut pandang objek suatu penelitian. Berdasarkan hasil literasi yang dilakukan, didapatkan beberapa metode yang sesuai dengan konsep perancangan standarisasi seperti berikut.

a. Eksternalisasi (*Knowledge Management*)

Tacit knowledge dan *explicit knowledge* tidak bisa dipisahkan dari rantai nilai (*value chain*) dari *knowledge management system*. Menurut Jean (2018) Rantai nilai adalah rantai kegiatan produksi dalam suatu perusahaan, mulai dari *input* hingga pengguna akhir. Faktanya, kemampuan perusahaan untuk memproduksi dapat dianggap sebagai integrasi dan penerapan pengetahuan khusus yang dihasilkan secara kolektif oleh antar individu dalam perusahaan. Maka dari itu *knowledge management* hadir untuk mengelola integrasi sumber daya ini dalam proses perusahaan. Sederhananya manajemen pengetahuan mengandaikan bahwa produksi pengetahuan mengimplikasikan produksi nilai. Manajemen pengetahuan berfokus pada pengetahuan sebagai sumber daya strategis yang mengoptimalkan proses produksi suatu perusahaan. *Knowledge value chain* menyediakan kerangka kerja *knowledge management* untuk menganalisis nilai tambah dari setiap prosesnya. Kerangka *Knowledge Management* menurut Jean (2018) dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Kerangka *Knowledge Value Chain* (Jean, 2018)

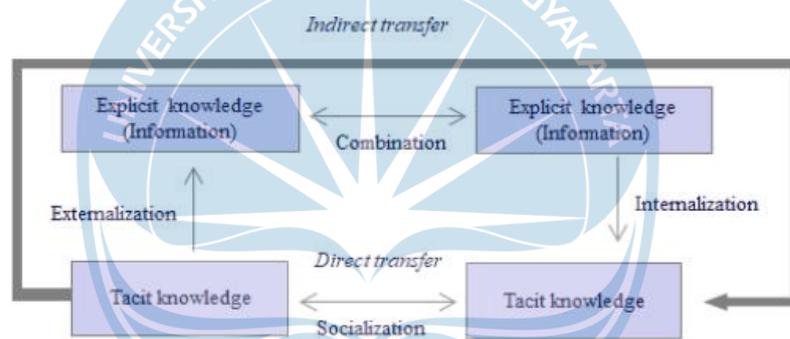
Menurut Jean (2018), *tacit knowledge* adalah pengetahuan yang sulit diekspresikan secara verbal atau tertulis dan terbentuk melalui pengalaman, intuisi, dan kebiasaan yang terinternalisasi. Berlawanan dengan hal tersebut ada *explicit knowledge* yang didefinisikan sebagai pengetahuan yang dapat diekspresikan secara verbal atau tertulis dan biasanya terdokumentasi dengan jelas. *Tacit knowledge* dan *explicit knowledge* dianggap penting dalam memahami dan mengelola pengetahuan dalam organisasi karena keduanya berbeda dalam sifat dan karakteristiknya. Maka dalam suatu manajemen pengetahuan penting untuk mempertimbangkan konversi pengetahuan dari *tacit knowledge* ke *explicit*

knowledge dan sebaliknya. Hal tersebut karena keduanya memiliki implikasi yang berbeda dalam manajemen pengetahuan dalam organisasi atau sistem. *Tacit knowledge* sulit dipindahkan antara individu atau organisasi, sehingga mengelolanya memerlukan strategi khusus seperti *mentoring*, pelatihan, dan komunikasi informal. Di sisi lain, *explicit knowledge* dapat dipindahkan dengan mudah melalui dokumentasi dan komunikasi formal.

Pengubahan *tacit knowledge* menjadi *explicit knowledge* memiliki beberapa dampak yang bermanfaat menurut para ahli. Pertama dapat meningkatkan produktivitas karena dapat memperluas pengetahuan dan keterampilan yang dimiliki oleh karyawan, dan meningkatkan. Selain itu dapat meningkatkan efektivitas yang dapat membantu mengambil keputusan lebih efektif, karena pengalaman yang disalurkan bisa digunakan kepada pekerja atau karyawan baru. Dengan pengubahan ini juga bisa meningkatkan inovasi karena pengetahuan yang dideskripsikan tersebut berguna bagi perusahaan dan tidak terbatas pada satu individu saja. Menurut Jean (2018) terdapat sebuah teori Nonaka Takeuchi yang menyebutkan bahwa terdapat 4 cara konversi *tacit* dan *explicit*.

- i. Sosialisasi, merupakan penyaluran *tacit* ke *tacit* dan merupakan pengalihan langsung. Contoh utama dari proses semacam ini adalah pendampingan, di mana pembelajaran terjadi melalui kontak langsung dengan ahlinya, melalui observasi dan “osmosis”.
- ii. Eksternalisasi, merupakan penyaluran *tacit* ke *explicit* dan termasuk pengalihan tidak langsung sub proses pertama yang mengungkapkan bagian dari *tacit* (kolektif atau individu) dalam bentuk informasi yang terlihat. Pengumpulan pengetahuan ini tidak akan pernah lengkap, karena akan selalu dibatasi oleh “*tacit barrier*”. Namun, sejumlah besar metode dan alat sudah tersedia untuk tugas ini. Jenis pendekatan pertama berasal dari apa yang akan kita sebut transkripsi pengetahuan. Beberapa pengetahuan diam-diam dapat dibuat eksplisit hanya dengan menyalinnya dengan cara yang kurang lebih terstruktur. Jenis pendekatan kedua disebut pemodelan pengetahuan. Beberapa *tacit knowledge* dapat dibuat eksplisit dengan menggunakan alat pemodelan. Pemodelan adalah proses yang cukup rumit untuk diterapkan, tetapi sangat kuat dibandingkan dengan transkripsi sederhana dan sering disebut rekayasa pengetahuan.

- iii. Kombinasi, merupakan penyaluran eksplisit ke eksplisit dan termasuk penggalian tidak langsung sub proses kedua. Cara ini melibatkan sirkulasi dan berbagi informasi yang memungkinkan untuk meneliti dan menggabungkan kembali informasi. Teknologi informasi (terutama intranet) adalah alat berbagi yang kuat dengan keuntungan besar untuk modal kolektif.
- iv. Internalisasi, merupakan penyaluran eksplisit ke *tacit* dan termasuk penggalian tidak langsung sub proses ketiga. Sebagian pengetahuan eksplisit hanya bernilai ketika digunakan dalam tindakan, yaitu ketika diterapkan pada konteks yang berkontribusi untuk mencapai tujuan perusahaan. Maka orang harus menciptakan kembali dari pengetahuan eksplisit bersama menjadi pengetahuan *tacit*, yang akan melayani mereka dengan cara tertentu dalam pekerjaan mereka. Eksperimen (pribadi atau kolektif) dan pelatihan adalah contoh klasik dari proses ini.



Gambar 2.5. Siklus Proses Pengetahuan Nonaka (Jean, 2018)

Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengubah *tacit knowledge* menjadi *explicit knowledge*.

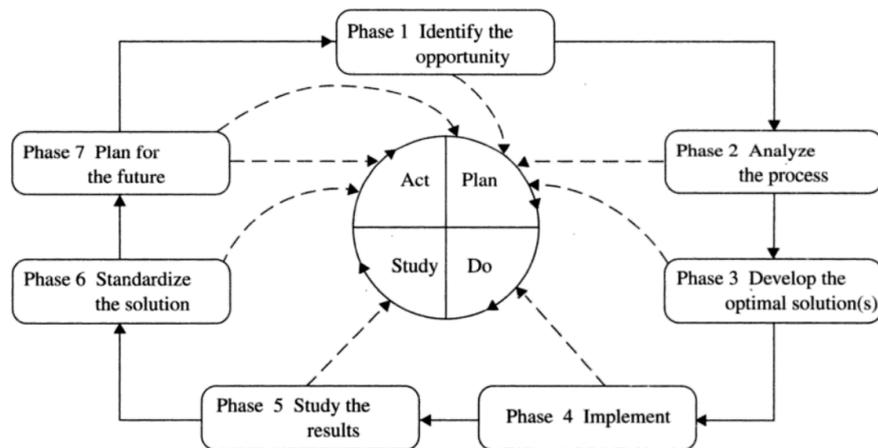
- i. Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi seperti sistem manajemen pengetahuan atau *intelligent machine*.
- ii. Pelatihan dan pengembangan karyawan untuk memperoleh pengetahuan *explicit* baru.
- iii. Penggunaan teknik pencatatan atau *knowledge transcription*, dengan cara menyalin *tacit knowledge* ke dalam bentuk *explicit knowledge* dengan struktur yang kurang lebih sama.
- iv. Pemodelan pengetahuan dengan mengubah *tacit knowledge* ke dalam bentuk *explicit knowledge* dengan bantuan pemodelan. Cara ini sering juga disebut *knowledge engineering*.

Penting untuk diketahui bahwa perubahan *tacit* menjadi *explicit* harus disesuaikan dengan kebutuhan dan tujuan yang akan dicapai. Terdapat banyak cara untuk mengeksplisitkan suatu pengetahuan, namun hal terpenting yang harus dipertimbangkan yaitu menyediakan panduan praktis yang berguna bagi organisasi. Dokumentasi dalam eksternalisasi merupakan sesuatu yang opsional yang bisa ditambahkan jika dibutuhkan untuk dicantumkan. Perubahan *tacit knowledge* menjadi *explicit knowledge* yang berkaitan dengan proses, perlu untuk mendeskripsikan aktivitas yang terjadi. Deskripsi aktivitas proses tersebut mencakup beberapa elemen yang berkaitan.

- i. Deskripsi aktivitas, kegiatan dalam suatu proses dipecah menjadi beberapa fase atau subaktivitas agar bisa mendapatkan semua informasi secara detail.
- ii. Aliran, berperan untuk memberikan arah dari rangkaian proses yang dijalankan. Aliran terbagi menjadi dua yaitu *input flow* seperti material dan *output flow* berupa hasil transformasi.
- iii. Subjek, berkaitan dengan orang yang terlibat dalam prosesnya.
- iv. Sumber daya, berupa alat yang dibutuhkan untuk mendeskripsikan aktivitas. Alat bisa berupa instrumen, *software*, dokumen, atau referensi yang penting untuk mengidentifikasi aktivitas.
- v. Kemampuan, berupa pengetahuan dasar, ketrampilan, dan sikap. Elemen kemampuan ini biasanya berupa kebutuhan untuk menjalankan aktivitas, realisasi kegiatan secara langsung, dan berbagai perlakuan pada suatu aktivitas.

b. *Seven Steps*

Besterfield dkk (2011) berpendapat bahwa metode *seven steps* dapat mengatasi permasalahan yang terjadi dalam proses yang terdiri dari tujuh langkah yang sistematis dan efisien. Metode ini sering juga disebut *Problem Solving Method* yang merupakan metode yang satu relasi dengan siklus PDCA (*Plan Do Check Action*).



Gambar 2.6. Siklus 7 Langkah (Besterfield dkk, 2011)

Metode ini digunakan untuk meningkatkan kualitas suatu proses atau produk dengan tujuan untuk meminimalkan kesalahan proses.

i. Mengidentifikasi permasalahan

Tahap pertama ini merupakan tahap pemetaan dan penentuan masalah apa saja yang dialami sistem. Langkah ini juga menentukan mengenai pentingnya permasalahan untuk diselesaikan. Pada langkah ini juga ditentukan data apa saja yang akan digunakan berikutnya, sekaligus untuk mendukung bukti permasalahan.

ii. Mempelajari permasalahan sistem

Pada langkah kedua ini dilakukan pengumpulan data dan informasi lengkap untuk dapat menggambarkan permasalahan lebih detail. Dengan data tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui apakah benar terdapat permasalahan dalam sistem dan dapat mendeskripsikannya melalui hasil pendataan. Pada langkah ini bisa menggunakan *flowchart*, sketsa proses, atau *control chart* untuk mendukung analisis.

iii. Menganalisis penyebab permasalahan

Berdasarkan data dan permasalahan yang didapat, kemudian menentukan semua penyebab potensial dari permasalahan tersebut. Pada langkah ini bisa menggunakan instrumen pendukung untuk menganalisis akar permasalahan dari berbagai faktor yang berpotensi terlibat.

iv. Implementasi solusi perbaikan

Berdasarkan semua akar permasalahan yang didapat, diusulkan beberapa solusi untuk mengatasinya. Pada langkah ini juga ditentukan solusi apa yang akan dilaksanakan dan bagaimana akan dilakukan untuk mengatasi permasalahan

tersebut. Langkah keempat ini bisa didetailkan disertai landasan ilmu pengetahuan yang kuat untuk memberikan solusi permasalahan.

v. Memeriksa hasil perbaikan

Pemeriksaan hasil pelaksanaan dilakukan untuk mengetahui apakah solusi yang diberikan berjalan dengan baik yaitu persentase produk cacat menurun. Jika tujuan belum tercapai maka perlu dilakukan evaluasi untuk memperbaiki solusi, atau bahkan memberikan solusi berbeda.

vi. Menetapkan standar perbaikan

Pada langkah ini dilakukan evaluasi dan perangkuman hasil perbaikan. Berdasarkan hasil tersebut, maka pada langkah ini juga diputuskan standar perbaikan terbaik yang sesuai dengan kondisi dan tujuan yang ingin dicapai.

vii. Membuat rencana selanjutnya

Langkah terakhir bertujuan untuk membuat rencana lanjutan berupa catatan rekomendasi perbaikan untuk masa mendatang. Pada langkah ini juga bisa dicantumkan langkah penerapan standar untuk masa mendatang jika terjadi perubahan kondisi.

2.2.8. Pengukuran Suhu

Suhu didefinisikan sebagai besaran fisis yang mengukur tingkat panas atau dingin dari suatu objek atau benda, dan diukur dalam satuan derajat Celsius, Fahrenheit, atau Kelvin. Dalam rangka mengetahui besaran suhu, diperlukan suatu proses menentukan atau mengukur nilai suhu benda dengan menggunakan alat ukur atau yang dikenal dengan aktivitas pengukuran suhu (Bentley, 2005). Menurut ASM Internasional (2018) terdapat beberapa macam alat pengukuran suhu seperti termokopel, detektor suhu resistensi (RTD), termometer inframerah, dan pirometer, serta pencatat data.

- a. Termokopel, merupakan pengukur suhu dengan sistem dua logam berbeda yang dihubungkan. Dengan alat ini, suhu diukur dari pengukuran perbedaan potensial listrik antara kedua ujung logam. Biasanya alat ini digunakan untuk pengukuran suhu tinggi dalam suatu industri.
- b. Detektor suhu resistensi (RTD), adalah alat pengukur suhu dengan cara perubahan resistansi listrik pada elemen pengukur. Alat ini biasanya digunakan dalam industri untuk pengukuran suhu dengan akurasi tinggi dan relatif stabil.

- c. Termometer inframerah, merupakan termometer untuk mengukur suhu dengan memanfaatkan sinar inframerah untuk mengukur suhu tanpa kontak langsung. Alat ini juga digunakan dalam industri untuk pengukuran cepat dan akurat.
- d. Pirometer, adalah alat pengukur suhu tanpa kontak langsung. Cara kerja yang dimiliki mirip dengan termometer inframerah yaitu memanfaatkan sinar inframerah, hanya saja alat ini biasanya digunakan untuk mengukur suhu tinggi dalam suatu industri tanpa kontak langsung.
- e. Pencatat data atau *data logger*, merupakan alat pengukur suhu yang bisa merekam dan menyimpan data suhu dalam jangka waktu tertentu. Alat ini biasanya digunakan dalam industri yang membutuhkan pemantauan terus menerus.

2.2.9. Cost of Poor Quality (COPQ)

Cost of poor quality (COPQ) merupakan penghitungan biaya kualitas dari suatu produk yang tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan serta membandingkannya dengan biaya yang dikeluarkan terhadap *output* yang dihasilkan (Pyzdek, 2003). Biaya *cost of poor quality* bisa terjadi karena adanya ketidaksesuaian *output* berupa produk dengan ketetapan kualitas yang dimiliki baik dari perusahaan ataupun dari konsumen. Biaya kualitas COPQ ini meliputi 4 bagian biaya yang berasal dari kondisi berbeda.

a. Biaya Kegagalan Internal

Biaya ini merupakan biaya yang dihitung sebelum produk atau jasa diterima konsumen. Biaya ini memiliki beberapa komponen seperti biaya kegagalan perancangan, biaya kegagalan operasi, biaya kegagalan pembelian, dan biaya lainnya yang terlibat sesuai kondisi perusahaan.

b. Biaya Kegagalan Eksternal

Merupakan biaya yang dihitung setelah produk atau jasa diterima konsumen. Biaya ini meliputi biaya pengembalian, biaya hutang, biaya denda, dan lainnya.

c. Biaya Pencegahan

Biaya jenis ini berupa segala bentuk upaya yang dikeluarkan perusahaan dalam rangka mencegah adanya produk tidak sesuai kualitas yang ditetapkan.

d. Biaya Penilaian

Biaya jenis ini berkaitan dengan biaya inspeksi dan evaluasi untuk memastikan kualitas dari suatu produk atau jasa.