

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Bagian tinjauan pustaka berisi penelitian-penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh berbagai pihak. Pembahasan tinjauan pustaka ditunjukkan untuk membandingkan dan mengumpulkan referensi sesuai dengan topik permasalahan yang diteliti, hal ini berguna untuk mengembangkan penelitian yang sedang dilakukan. Pada tinjauan pustaka ini menggunakan kata kunci “penyelesaian *bottleneck*” untuk melakukan pencarian referensi dari penelitian terdahulu dengan jangka waktu penelitian terdahulu adalah 5 tahun terakhir.

2.2.5. Penyelesaian *Bottleneck* dengan Metode Kaizen

Berdasarkan studi pustaka yang didapatkan, penyelesaian *bottleneck* pada proses produksi dapat dilakukan dengan menghilangkan pemborosan yang tidak memberikan nilai tambah produk atau jasa. Penelitian yang dilakukan oleh Kurnianingtias dkk., (2019) dilakukan perbaikan dengan menggunakan metode kaizen. Permasalahan pada penelitian tersebut adalah adanya *bottleneck* pada proses pemasangan karet elastis pada *waistband*. Berdasarkan studi pustaka yang didapatkan proses penyelesaian permasalahan tersebut dengan 3 tahap, yang pertama adalah dengan menyederhanakan proses pengerjaan pemasangan karet elastis pada *waistband*, kemudian dilanjutkan dengan menambahkan alat bantu dalam proses menjahit, dan tahap terakhir adalah dengan mengganti mesin jahit pada proses tersebut. Hasil yang didapatkan dari perbaikan yang dilakukan didapatkan penurunan *cycle time* menjadi 33% lebih cepat, dari 91 detik menjadi 30 detik.

2.2.2. Penyelesaian *Bottleneck* dengan Metode Lean Manufacturing

Penelitian yang membahas mengenai penyelesaian *bottleneck* juga dilakukan oleh Pahmi (2021). Pada penelitian ini permasalahan yang diselesaikan adalah terdapat ketidakseimbangan proses pada area produksi, dimana hanya pada proses *melting furnace* yang mampu menyamai *takt time* konsumen. Metode penyelesaian yang digunakan adalah dengan menggunakan metode kerangka kerja pemodelan sistem dan simulasi model dengan pendekatan metode dan filosofi *Lean Manufacturing*. Tahapan penyelesaian dari permasalahan tersebut yang pertama adalah dengan analisis *value added* dengan menggunakan *Value Stream Map* (VSM), kemudian dilanjutkan dengan simulasi model kondisi

eksisting, terakhir adalah simulasi model meningkatkan optimasi utilisasi mesin dengan penguatan 5R di lapangan, relokasi *layout plant casting*, standarisasi dokumentasi proses, peningkatan efektivitas proses *pouring & curing casting*, dan mengurangi waktu *cooling time* produk. Hasil akhir dari tahapan penyelesaian permasalahan *bottleneck* tersebut didapatkan solusi dengan pergantian alat potong pada *jaw* sebagai pencengkrang benda kerja. Berdasarkan hasil akhir tersebut mampu meningkatkan efisiensi biaya produksi sebesar 75.29% atau setara dengan Rp 1.111.211.971,61.

Penelitian dengan topik utama penyelesaian *bottleneck* juga dilakukan oleh Arif & Astuti (2021). Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah cacat kerutan pada sepatu boots. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan konsep *lean manufacturing*. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *value stream mapping* (VSM) dan *process activity mapping* (PAM). yang kemudian untuk identifikasi masalah menggunakan *fishbone diagram* dan *5 whys*. Usulan perbaikan pada penelitian ini adalah dengan memberikan alat bantu yang serupa namun dapat memudahkan operator dalam melakukan proses penarikan dan pemukulan.

Pada penelitian Sawal dkk., (2022) dilakukan solusi dengan perancangan alat bantu proses pengemasan. Hal tersebut disebabkan adanya pemborosan yang teridentifikasi, yaitu waktu tunggu, transportasi dan proses yang tidak perlu, serta produk cacat. Permasalahan tersebut diteliti dan diselesaikan dengan menggunakan metode pendekatan *Value Stream Mapping* (VSM) untuk langkah implementasi konsep *lean manufacturing* agar proses produksi lebih efisien. Hasil yang didapatkan setelah adanya rancangan solusi adalah terdapat perbedaan pada *lead time current state map* dengan *lead time future map* dengan total penghematan waktu 1443,15 menit.

Penelitian yang dilakukan oleh Sumasto dkk., (2024) membahas mengenai penyelesaian *bottleneck* karena adanya *waste waiting* dan *waste motion*. Proses penyelesaian permasalahan ini dengan menerapkan prinsip dari *lean manufacturing* dengan menggunakan *tools* seperti VSM sebagai alat untuk mengidentifikasi pemborosan pada waktu produksi. Berdasarkan hasil dari analisis data, upaya yang dilakukan untuk mereduksi *waste waiting* adalah dengan modifikasi alat yaitu menambah lubang pada tungku perebusan, menambah jumlah saluran pipa pengeluaran hasil rebusan. Hasil dari usulan tersebut waktu

siklus dapat tereduksi dari 2000 detik menjadi 400 detik. Kemudian, upaya yang dilakukan untuk mereduksi *waste motion* adalah dengan *re-layout* pada proses produksi. Hasil dari upaya tersebut dapat menghilangkan waktu proses pemindahan dari 10 detik menjadi 0.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Aryanto dkk., (2022). Permasalahan pada penelitian tersebut adalah adanya *bottleneck* pada proses *finishing*. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan *lean manufacturing*. *Tools* yang digunakan untuk mendukung penyelesaian dengan metode *lean manufacturing* adalah VSM, *waste relationship matrix* (WRM), dan *root cause analysis* (RCA). Usulan perbaikan yang didapatkan dari hasil analisis adalah dengan memodifikasi *dies* pada *head box*, membuat dudukan *mandrel* dan meningkatkan kapasitas *curing*, otomatisasi proses *finishing*, mengubah metode pemotongan secara bersamaan, mengubah desain pisau *punch hole*, membuat *work instruction* (WI), dan membuat *checksheet schedule control*. Hasil dari usulan perbaikan tersebut dapat mengurangi waktu proses dari 828 menit menjadi 398 menit dan peningkatan nilai *process cycle efficiency* dari 44,7% menjadi 66,6%.

2.2.3. Penyelesaian *Bottleneck* dengan Metode *Line Balancing*

Penyelesaian masalah *bottleneck* pada proses produksi juga dapat diselesaikan dengan menggunakan *line balancing*. Penelitian terdahulu yang telah dilakukan untuk menyelesaikan masalah *bottleneck* dengan menggunakan *line balancing* dilakukan oleh Astuti dan Purwanto (2019). Penyebab dari adanya *bottleneck* pada penelitian ini adalah keinginan dan niat kerja operator cenderung rendah, beban kerja yang tidak seimbang, keterlambatan kedatangan *strip*, kualitas tablet yang buruk, ketidakpatuhan terhadap SOP yang ada, mesin *printing* yang mudah tergeser sehingga menyebabkan harus dilakukan penataan ulang, dan suhu ruangan yang cenderung panas. Metode analisa yang digunakan oleh peneliti menggunakan *Ranked Positional Weight* (RPW) guna melihat nilai efisiensi. Hasil yang didapatkan dari penggunaan solusi *line balancing* dan diukur dengan menggunakan metode RPW, *line efficiency* meningkat menjadi 75,41% dari 45,25% kemudian *balance delay* menurun menjadi 24,59% dari 54,75% dan nilai *smoothness index* juga mengalami perubahan menjadi 6,28 dari 16,31.

Penelitian yang membahas mengenai penyelesaian *bottleneck* dengan cara *line balancing* juga dilakukan oleh Mauluddin dkk., (2021). Permasalahan yang

diselesaikan pada penelitian ini adalah adanya operasi yang lama disalah satu stasiun kerja yang menyebabkan terjadinya *bottleneck* dan menghambat aliran produksi. Langkah penyelesaian yang dilakukan dengan 2 tahapan, pertama adalah studi gerakan dengan *methods time measurement* (MTM). Kemudian, dilanjutkan dengan metode pembebanan berurut, metode bobot posisi, metode wilayah, metode *yamazumi chart*, dan metode *critical path method* (CPM). Hasil dari penyelesaian dengan metode MTM didapatkan pemenuhan target harian perusahaan dengan penambahan jam kerja sebanyak 0,78 jam dan pengurangan lembur jam kerja dari 2,754 jam.

Penelitian dengan topik yang sama juga dilakukan oleh Sutomo dkk., (2022). Permasalahan yang diangkat adalah adanya proses produksi yang sering berjalan tidak lancar sehingga menyebabkan terjadinya *bottleneck* dan lintasan produksi tersebut menjadi sering melakukan *overtime*. Kemudian, permasalahan selanjutnya adalah nilai efisiensi yang rendah sebesar 58,74%. Metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah tersebut adalah *generic algorithm* dengan bantuan aplikasi Matlab dan menyesuaikan dari susunan stasiun kerja serta tata letak mesin yang ada. Berdasarkan solusi yang dilakukan didapatkan hasil nilai efisiensi mengalami kenaikan sebesar 15,33% dengan penambahan stasiun kerja menjadi 18 stasiun kerja.

Penelitian selanjutnya yang membahas mengenai penyelesaian *bottleneck* dengan *line balancing* dilakukan oleh Haekal (2021). Permasalahan yang terjadi adalah adanya perbedaan waktu siklus dan beberapa *bottleneck* dari stasiun satu ke stasiun yang lain. Perbaikan dilakukan dengan metode *Toyota Production System* (TPS) dengan pendekatan metode kaizen, kemudian untuk permasalahan yang kedua menggunakan metode Hegerson Bernei dan Modie-Young. Hasil dari penyelesaian dengan metode TPS dengan pendekatan kaizen tersebut didapatkan peningkatan pada efisiensi menjadi 93,59% dan penurunan *delay* menjadi 6,35%. Kemudian, untuk metode Hegerson Bernei dan Modie-Young didapatkan efisiensi meningkat menjadi 95,76% dan penurunan *delay* menjadi 4,24%.

2.2.4. Penyelesaian *Bottleneck* dengan Metode SMED

Penelitian yang dilakukan oleh Majid dkk., (2022) membahas mengenai penyelesaian permasalahan waktu *setup* dan waktu stop yang tinggi sehingga menyebabkan waktu kerja menjadi tidak efisien. Pada penelitian tersebut, metode

yang digunakan untuk menyelesaikan masalah tersebut dengan menggunakan metode *Single Minute Exchange of Dies* (SMED). Implementasi dari metode SMED ini dengan mengidentifikasi proses, kemudian dilanjutkan dengan memilah kegiatan *set up* menjadi internal dan eksternal *set up*. Hasil dari solusi tersebut waktu *set up* mesin dapat direduksi dari 289 menit menjadi 189 menit.

Penelitian yang membahas mengenai penyelesaian *bottleneck* dengan metode *Single Minute Exchange of Dies* (SMED) juga dilakukan oleh Arief dan Ikatinasari (2019). Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah waktu *set up* yang tinggi dan lamanya waktu *stop* mengakibatkan banyaknya *overtime* karena penggunaan waktu kerja yang tidak efisien. Metode pendekatan yang digunakan untuk penyelesaian permasalahan ini adalah metode *lean manufacturing*. Solusi dari penyelesaian permasalahan dengan metode SMED dengan pendekatan *lean manufacturing* untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan adalah penerapan 5S untuk menghilangkan langkah 1 sampai dengan 5, kemudian penerapan standarisasi prosedur juga membantu untuk mengurangi waktu *set up* dan waktu *stop*. Total dari pengurangan waktu *set up* yang dicapai adalah 16 menit dan penurunan waktu *stop* sebesar 60%.

2.2.5. Penyelesaian *Bottleneck* dengan Metode *Theory of Constraint*

Penelitian untuk menyelesaikan permasalahan *bottleneck* dilakukan juga oleh Amjad dkk., (2023). Penyebab adanya *bottleneck* adalah karena ketersediaan kapasitas produksi pada stasiun kerja lebih kecil daripada stasiun kerja lainnya. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan *Theory of Constraint* (TOC). Kemudian, pada langkah subordinasi ke sumber lainnya dengan menggunakan metode *drum buffer rope* (DBR) dan penjadwalan menggunakan pendekatan *backward scheduling* dengan aturan *first come first serve* (FCFS). Berdasarkan metode yang digunakan tersebut solusi yang didapatkan adalah dengan menerapkan *overtime* pada lintasan produksi untuk menghilangkan *constraint*. Dari hasil solusi tersebut, jumlah *throughput* mengalami peningkatan sebesar Rp 55.842.500 dengan produksi sarung tenun polos sebanyak 2035 unit, sarung tenun motif sebanyak 400 unit, dan sarung tenun *dobby* sebanyak 590 unit.

Penelitian yang dilakukan oleh Sari (2021) juga membahas mengenai penyelesaian *bottleneck*. Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah dengan 10 stasiun kerja nilai efisiensi sebesar 77,05% dengan *delay* sebesar

22,95%. Dalam penyelesaian permasalahan tersebut metode yang digunakan adalah metode TOC. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, didapatkan solusi dengan *line balancing* dengan *tools Simulated Annealing Algorithm*. Hasil dari solusi tersebut adalah kenaikan pada nilai efisiensi sebesar 9,36% menjadi 86,41% dan penurunan *delay* sebesar 9,36% menjadi 13,59%.

2.2.6. Penyelesaian *Bottleneck* dengan Metode TPM

Penelitian membahas mengenai penyelesaian *bottleneck* dengan menggunakan metode *total productive maintenance* (TPM) dilakukan oleh Baety dkk., (2019). Permasalahan pada penelitian ini adalah rata-rata nilai *overall equipment effectiveness* (OEE) mesin Yasda dari tahun 2016-2018 masih dibawah *standard world class* yang dimana nilai dari standard tersebut adalah 90% dan rata-rata nilai OEE mesin Yasda adalah 84,3%. Kemudian, penyebab dari permasalahan *bottleneck* adalah waktu tunggu, pemeliharaan tidak terduga, pertemuan tidak terduga, dan pemeliharaan yang direncanakan. Berdasarkan permasalahan tersebut, solusi yang diberikan adalah penerapan 9 pilar TPM. Namun, sebelum melakukan penerapan TPM terlebih dulu melakukan 4 tahapan implementasi TPM, yaitu *preparation*, *preliminary implementation*, *TPM implementation*, dan *stabilization*. Kemudian solusi untuk penyelesaian *six big losses* untuk menaikkan efektivitas nilai OEE terbagi menjadi beberapa faktor pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1. Usulan Penyelesaian *Six Big Losses*

No.	Faktor	Penyelesaian Masalah
1.	Manusia Kerja teknisi lambat	a. Adanya pelatihan oleh tim ahli untuk meningkatkan kualitas operator b. Memilih operator yang bersertifikasi dan berpengalaman
2.	Mesin Sering terjadi <i>downtime</i>	a. <i>Preventive maintenance</i> lebih ditingkatkan lagi untuk menurunkan tingkat kerusakan b. Pembelian <i>sparepart</i> dengan kualitas yang lebih bagus
3.	Metode Waktu <i>setting jig fixture</i> lama	Meningkatkan <i>skill</i> pada operator

Tabel 2.1. Lanjutan

4.	Lingkungan Sering terjadi penumpukan produk	Memperbaiki sistem penjadwalan
5.	Material Sering terjadi keausan pada komponen	Kedisiplinan dalam bekerja dan kegiatan produksi harus sesuai dengan <i>schedule</i>



Tabel 2.2. Ringkasan Penelitian Terdahulu

No.	Pengarang dan Tahun	Permasalahan	Metode	Solusi
1.	Kurnianingtias dkk., (2021)	<i>Bottleneck</i> pada proses pemasangan karet elastis pada <i>waistband</i>	Metode Kaizen	Menyederhanakan proses pengerjaan, menambahkan alat bantu dalam proses menjahit, dan mengganti mesin jahit pada proses tersebut.
2.	Pahmi (2021)	Ketidakseimbangan pada proses <i>casting</i> yang menyebabkan <i>bottleneck</i> selama 1 jam	<i>Lean Manufacturing, Value Stream Mapping</i>	Pergantian alat potong pada <i>jaw</i> yang berfungsi sebagai pencengkram benda kerja.
3.	Arif dkk., (2021)	<i>Waste defect</i> kerutan yang terjadi pada sepatu <i>boots</i>	<i>Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, Process Activity Mapping</i>	Perancangan alat bantu yang dapat memudahkan operator dalam proses penarikan dan pemukulan
4.	Sawal dkk., (2022)	Adanya <i>waiting time, waste transportation, excess processing</i> , dan <i>defect</i> yang menyebabkan <i>bottleneck</i>	<i>Lean Manufacturing, Value Stream Mapping</i>	Perancangan alat untuk membantu proses pengemasan
5.	Sumasto dkk., (2024)	<i>Waste waiting</i> dan <i>waste motion</i> yang menyebabkan <i>bottleneck</i>	<i>Lean Manufacturing, Value Stream Mapping</i>	Modifikasi alat dengan menambah lubang pada tungku perebusan dan <i>re-layout</i> proses produksi
6.	Aryanto dkk., (2022)	Adanya <i>bottleneck</i> pada proses <i>finishing</i>	<i>Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, Waste Relationship Matrix, Root Cause Analysis</i>	Modifikasi <i>dies</i> pada <i>head box</i> , membuat dudukan <i>mandrel</i> , meningkatkan kapasitas <i>curing</i> , dan otomatisasi proses <i>finishing</i>

Tabel 2.2. Lanjutan

No.	Pengarang dan Tahun	Permasalahan	Metode	Solusi
7.	Purwanto dan Astuti (2019)	Adanya <i>bottleneck</i> karena motivasi kerja operator yang rendah, beban kerja operator yang tidak seimbang, keterlambatan pengiriman strip, kualitas tablet yang buruk, ketidakpatuhan terhadap SOP yang berlaku, mesin cetak yang mudah bergeser, dan suhu ruangan yang panas	<i>Line Balancing, Ranked Positional Weight</i>	Pengurutan ulang elemen kerja berdasarkan bobot posisi, penentuan jumlah stasiun kerja berdasarkan elemen kerja, dan pembagian beban kerja yang merata
8.	Mauluddin dkk., (2021)	Terdapat operasi yang lama disalah satu stasiun kerja sehingga menyebabkan terjadi <i>bottleneck</i> dan menghambat aliran produksi	<i>Line Balancing, Methods Time Measurement, Metode Pembebanan Berurut, Metode Bobot Posisi, Metode Wilayah, Metode Yamazumi Chart, dan Critical Path Method</i>	Penambahan operasi dari 4 operasi menjadi 10 operasi dengan waktu operasi dibawah waktu <i>takt time</i> dan penambahan jam kerja sebesar 0,78 jam
9.	Sutomo dkk., (2022)	Proses produksi sering berjalan tidak lancar sehingga menyebabkan terjadinya <i>bottleneck</i> dan menjadi sering <i>overtime</i>	<i>Generic Algorithm</i>	Memaksimalkan besar efisiensi lintasan produksi dengan menambah stasiun kerja dari 14 stasiun menjadi 18 stasiun

Tabel 2.2. Lanjutan

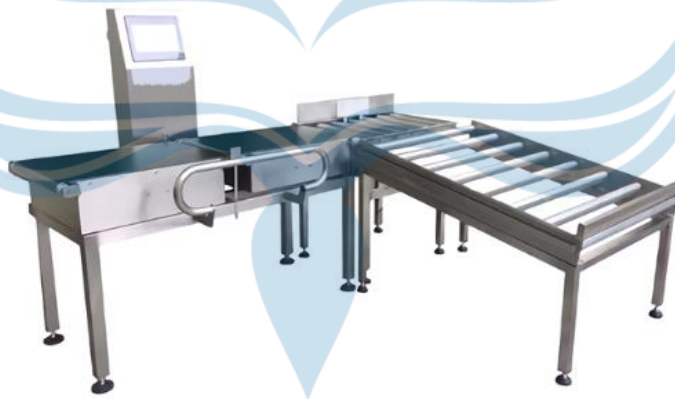
No.	Pengarang dan Tahun	Permasalahan	Metode	Solusi
10.	Haekal (2021)	Perbedaan waktu siklus dan <i>bottleneck</i> antar stasiun	<i>Toyota Production System</i> , <i>Kaizen</i> , <i>Hegerson Bernei</i> , dan <i>Modie-Young</i>	Perbaikan pada lini <i>sub-assembly</i> dengan <i>ProModel Simulation</i>
11.	Majid dkk., (2022)	Waktu <i>setup</i> dan waktu <i>stop</i> tinggi menyebabkan waktu kerja menjadi tidak efisien	<i>Singe Minute Exchange of Dies</i>	Memilah proses internal dan eksternal <i>setup</i>
12.	Arief dan Ikatrinasari (2018)	Waktu <i>setup</i> dan waktu <i>stop</i> tinggi sehingga menyebabkan banyak <i>overtime</i>	<i>Lean Manufacturing</i> , <i>Single Minute Exchange of Dies</i>	Penerapan 5S dan standarisasi prosedur
13.	Amjad dkk., (2023)	Ketersediaan kapasitas produksi tidak rata setiap stasiun kerja	<i>Theory of Constraint</i> , <i>Drum Buffer Rope</i>	Menerapkan <i>overtime</i> pada lintasan produksi untuk menghilangkan <i>constraint</i>
14.	Sari (2021)	Nilai efisiensi yang masih dibawah <i>standard world class</i>	<i>Theory of Constraint</i>	Mengurangi stasiun kerja dari 10 stasiun kerja menjadi 9 dan menyeimbangkan bobot kerja tiap stasiun
15.	Baety dkk., (2019)	Nilai rerata mesin OEE masih dibawah <i>standard world class</i> dan <i>bottleneck</i> karena waktu tunggu, pemeliharaan tidak terduga, pertemuan tidak terduga, dan pemeliharaan yang direncanakan	<i>Total Productive Maintenance</i>	Melakukan penerapan 9 pilar TPM, pelatihan operator, memilih operator yang bersertifikasi dan berpengalaman, <i>preventive maintenance</i> lebih ditingkatkan, pembelian <i>sparepart</i> dengan kualitas lebih bagus, memperbaiki sistem penjadwalan, dan meningkatkan kedisiplinan dalam bekerja

2.2. Dasar Teori

Sub bab ini, berisi hipotesis yang menjadi landasan penulisan tugas akhir yang dilakukan. Hipotesis yang digunakan adalah hipotesis yang relevan dan telah dilakukan oleh para ahli untuk menyelesaikan suatu penelitian.

2.2.1. Mesin *Checkweigher*

Mesin *checkweigher* merupakan alat yang digunakan untuk melakukan pemeriksaan berat pada karton. Alat ini bertujuan untuk memastikan salah satu parameter kualitas dan *customer satisfaction* yaitu berat (sesuai dengan standard yang telah ditetapkan oleh departemen *Quality Control*). Proses yang ada pada mesin ini setiap karton yang beratnya diluar standard toleransi maka secara otomatis akan dipisahkan, dan produk yang sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan akan menjadi produk OK dan akan diteruskan ke tahapan selanjutnya yaitu *carton sealer*. Mesin *checkweigher* yang saat ini digunakan oleh PT XYZ hanya dapat menampung 1 parameter berat, apabila dalam 1 lini pengemasan memproduksi lebih dari 1 varian produk dengan berat yang berbeda maka dilakukan *set up* parameter untuk menyesuaikan *standard* produk yang ditentukan, dan akan begitu terus setiap pergantian varian produk. Berikut adalah gambar dari mesin *checkweigher*.



Gambar 2.1. Mesin *Checkweigher*

(Sumber: <https://www.bj-fillingmachine.com/product/automatic-weigh-rejection-weighing-and-rejecting-machine-detector-carton-box-pe-film-package-beverage.html>)

2.2.2. Desain dan Pengembangan Produk

Menurut Ulrich dan Eppinger (2016), pengembangan produk dan desain merupakan proses yang terstruktur untuk menciptakan produk baru. Beberapa poin dari pengertian tersebut seperti dalam pengembangan produk baru

melibatkan berbagai macam disiplin ilmu, pengembangan produk merupakan proses yang terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu konsep awal, desain detail, pengujian prototipe, dan revisi berdasarkan umpan balik, kemudian pengembangan produk juga harus berfokus pada kebutuhan pelanggan, pengembangan produk juga harus dikelola dengan baik agar efektif dan sesuai dengan rencana dan anggaran, inovasi dan kreatifitas juga diperlukan dalam pengembangan produk, untuk menentukan standar diperlukan validasi dan pengujian. Karakteristik pengembangan produk dapat dikatakan sukses ada 5, yaitu

- a. Kualitas Produk: Kualitas produk akan terlihat dari penjualan produk dan harga yang dibayarkan oleh pelanggan.
- b. Biaya Produk: Biaya produk nantinya akan menjadi acuan untuk menentukan harga jual dan keuntungan yang diperoleh.
- c. Waktu Pengembangan: Durasi pengembangan mempengaruhi kemampuan perusahaan dalam merespons kekuatan persaingan dan inovasi teknologi, serta menentukan seberapa cepat perusahaan dapat memperoleh keuntungan ekonomi dari usaha tim.
- d. Biaya Pengembangan: Pengeluaran untuk pengembangan umumnya merupakan porsi besar dari total investasi yang dibutuhkan untuk meraih keuntungan.
- e. Kemampuan Pengembangan: Kemampuan pengembangan merupakan aset yang dapat dimanfaatkan oleh perusahaan untuk menciptakan produk secara lebih efisien dan hemat biaya di masa mendatang.

Pengembangan produk yang terdefinisi dengan baik berguna untuk beberapa hal dibawah ini,

- a. *Quality Assurance*: Proses pengembangan merinci fase-fase yang harus dilalui oleh proyek pengembangan dan pos pemeriksaan di sepanjang jalannya. Ketika fase dan pos pemeriksaan ini dipilih dengan bijaksana, mengikuti proses pengembangan membantu menjamin kualitas produk akhir.
- b. Koordinasi: Proses pengembangan yang terdefinisi dengan jelas berfungsi sebagai rencana utama yang mendefinisikan peran masing-masing anggota tim pengembangan. Rencana ini memberi tahu tim kapan kontribusi mereka diperlukan dan dengan siapa mereka harus bertukar informasi dan bahan.

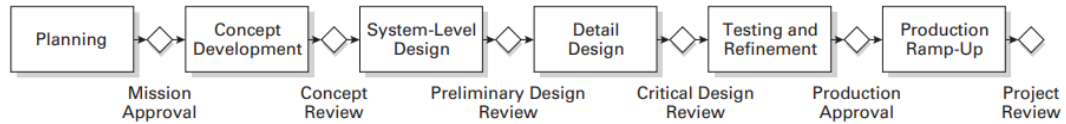
- c. Perencanaan: Proses pengembangan mencakup tonggak pencapaian yang menandai penyelesaian tiap fase. Jadwal tonggak ini menjadi dasar bagi penjadwalan seluruh proyek pengembangan.
- d. Manajemen: Proses pengembangan berfungsi sebagai tolok ukur untuk menilai kinerja upaya pengembangan yang sedang berlangsung. Dengan membandingkan kejadian nyata dengan proses yang telah ditetapkan, manajer dapat mengidentifikasi area masalah potensial.
- e. Peningkatan: Dokumentasi yang teliti dan tinjauan berkelanjutan atas proses pengembangan dan hasilnya dapat membantu mengidentifikasi peluang untuk perbaikan.

Dalam proses pengembangan terbagi menjadi beberapa macam, untuk penyelesaian permasalahan yang akan diselesaikan pada Tugas Akhir ini adalah *adapting the generic product development process*. Karakteristik dari situasi-situasi ini dan deviasi yang dihasilkan dari proses generik disajikan pada deskripsi di bawah ini,

- a. *Technology-Push Products*: Tim memulai dengan teknologi baru, lalu mencari pasar yang sesuai.
- b. *Platform Products*: Tim mengasumsikan bahwa produk baru akan dibangun mengelilingi subsistem teknologi yang telah mapan.
- c. *Process-Intensive Products*: Karakteristik produk sangat dibatasi oleh proses produksi.
- d. *Customized Products*: Produk-produk baru adalah variasi kecil dari konfigurasi yang sudah ada.
- e. *High-Risk Products*: Ketidakpastian teknis atau pasar menciptakan risiko tinggi terhadap kegagalan.
- f. *Quick-Build Products*: Modeling dan *prototyping* yang cepat memungkinkan banyak siklus desain-pembangunan-pengujian.
- g. *Products-Service Systems*: Produk dan elemen layanan terkaitnya dikembangkan secara simultan.
- h. *Complex Systems*: Sistem harus diuraikan menjadi beberapa subsistem dan banyak komponen.

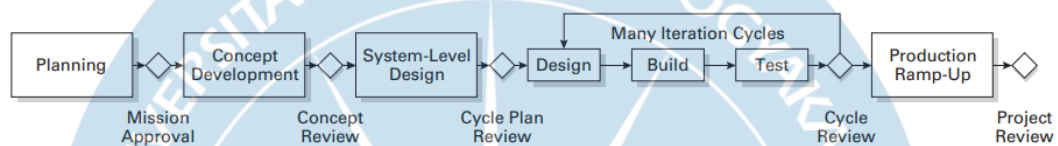
Proses pengembangan produk biasanya mengikuti alur aktivitas dan informasi yang terstruktur. Ini memungkinkan kita untuk membuat diagram alur proses yang menggambarkan langkah-langkah tersebut, seperti yang ditunjukkan pada narasi dibawah ini,

- a. Alur proses umum menunjukkan bagaimana proses digunakan untuk mengembangkan produk berdasarkan permintaan pasar, dorongan teknologi, platform, proses intensif, kustomisasi, dan lainnya.



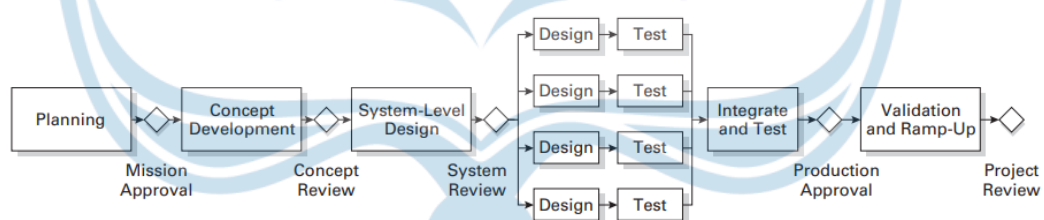
Gambar 2.2. Alur Proses Pengembangan Produk Umum

- b. Produk dengan pembangunan cepat memungkinkan proses pengembangan produk spiral di mana desain rinci, pembuatan prototipe, dan aktivitas pengujian dilakukan berulang kali.



Gambar 2.3. Alur Proses Pengembangan Produk Spiral

- c. Diagram alur proses untuk pengembangan sistem yang kompleks menunjukkan pemecahan proses menjadi tahap-tahap paralel untuk mengerjakan berbagai subsistem dan komponen.



Gambar 2.4. Alur Proses Pengembangan Produk Kompleks

2.2.3. Lean Manufacturing

Menurut Suradi (2022), *lean manufacturing* merupakan suatu filosofi manajemen dari *Toyota Production System* sebagai suatu proses menghilangkan pemborosan atau *waste*. Fokus dari *lean manufacturing* terfokus pada perancangan operasi yang kuat, responsif, fleksibel, dapat diprediksi, dan konsisten. Hal tersebut didukung dengan perbaikan terus-menerus dengan tenaga kerja yang mandiri dan dengan tindakan yang selaras dengan kriteria kinerja pelanggan. *Tools* yang biasa digunakan untuk konsep ini seperti *Just in Time (JIT)*, *Total Productive Maintenance (TPM)*, dan *Single Minute Exchange of Dies (SMED)* banyak

digunakan untuk perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur, pangan, maupun otomotif. Penerapan *lean manufacturing* memiliki 5 prinsip dasar, yaitu:

a. *Value*

Value atau nilai didapatkan dari perilaku pelanggan dalam kesediaan untuk membayar produk. Nilai ini untuk kemudian dipertimbangkan oleh perusahaan untuk menghilangkan pemborosan agar harga dapat optimal namun juga dapat memaksimalkan keuntungan

b. *Value Stream*

Prinsip ini bertujuan untuk mengidentifikasi pemborosan dan perbaikan dengan melakukan analisa bahan dan sumber daya. Hal tersebut dilakukan agar dapat menghilangkan hal-hal yang tidak memberikan nilai tambah.

c. Membuat *flow*

Menciptakan *flow* dilakukan untuk memastikan bahwa proses berjalan dengan lancar dengan meminimalkan penundaan dan pemborosan lainnya. Proses produksi yang berjalan dengan lancar dapat mereduksi kemungkinan untuk pemborosan.

d. Membangun *pull system*

Pull system adalah bekerja ketika ada permintaan. Hal ini dapat mengurangi untuk adanya pemborosan karena tidak ada kemungkinan untuk produksi yang melebihi perkiraan persediaan. *Pull system* bergantung pada fleksibilitas, komunikasi, dan proses yang efisien untuk dapat mencapai target permintaan.

e. Kesempurnaan

Mengejar kesempurnaan dengan perbaikan berkelanjutan dikenal dengan "Kaizen". *Lean manufacturing* membutuhkan penilaian untuk dapat melakukan perbaikan terus menerus dengan peningkatan proses agar dapat menemukan sistem yang sempurna. Budaya perbaikan penting untuk dilakukan dengan keselarasan dari tim dan manajer proyek untuk melakukan peningkatan dan penciptaan nilai.

Selain 5 prinsip dasar dari penerapan *lean manufacturing*, manfaat dari *lean manufacturing* adalah sebagai berikut:

a. Menghilangkan pemborosan

Menjadi fokus utama dari *lean manufacturing* untuk dapat menekan biaya yang keluar agar dapat mengoptimalkan harga dan keuntungan.

b. Meningkatkan kualitas

Meningkatkan kualitas dengan *lean manufacturing* menjaga agar tetap dapat bersaing dengan kompetitor.

c. Mengurangi biaya

Melakukan manajemen bahan dan proses yang lebih dapat mengurangi kemungkinan untuk pengeluaran biaya *non-value added*.

d. Mengurangi waktu

Mengurangi waktu dapat mempersingkat waktu tunggu sehingga memungkinkan pengiriman barang dan jasa menjadi lebih cepat

2.2.4. Total Productive Maintenance

Menurut Borris (2006), *Total Productive Maintenance* (TPM), merujuk pada kegiatan perawatan yang melibatkan seluruh elemen perusahaan dengan tujuan mencapai nol kerusakan, nol cacat, dan nol kecelakaan. TPM dapat diartikan sebagai kolaborasi antara fungsi perawatan dan manajemen organisasi secara menyeluruh dan melibatkan partisipasi semua pihak, mulai dari manajemen puncak hingga karyawan operasional. Tujuan utama TPM adalah untuk mengoptimalkan produksi, mereduksi biaya produksi, dan memperpanjang umur peralatan. TPM mulai dikembangkan di Jepang pada tahun 1971 dengan fokus pada maksimalisasi efisiensi penggunaan peralatan dan pembentukan sistem perawatan preventif yang mencakup semua peralatan melalui penerapan aturan dan motivasi di seluruh bagian perusahaan. Sebagai evolusi dari pemeliharaan preventif, TPM dirancang untuk meningkatkan efektivitas peralatan dengan melibatkan keterlibatan karyawan. Ini melibatkan pemeliharaan mandiri oleh operator melalui kegiatan kelompok kecil guna meningkatkan keandalan, pemeliharaan, dan produktivitas peralatan. Dalam proses penerapannya terdapat 8 pilar yang digunakan dalam implementasi TPM, seperti dijelaskan oleh Steven Borris pada tahun 2006. Berikut adalah penjelasan mengenai pilar-pilar TPM.

1. *Initial Phase Management*

Tim diorganisir untuk mempertimbangkan setiap tahap produksi, dengan menggunakan metodologi *Value Flow Analysis*, mulai dari ide produk baru hingga efisiensi operasional, pemeliharaan, dan pelayanan pelanggan, dengan fokus pada peningkatan keseluruhan sistem.

2. *Health and Safety*

Pentingnya mencapai tujuan nol kecelakaan dalam Manajemen Otonom ditekankan melalui pelatihan operator untuk melibatkan mereka dalam penilaian

risiko, peta bahaya, dan konsep keamanan, terutama karena sebagian besar operator awalnya tidak dipekerjakan dengan pemeliharaan sebagai fokus.

3. *Education and Training*

Kurangnya perhatian terhadap pelatihan dalam banyak perusahaan dapat merugikan dalam jangka panjang, karena seringkali prosedur disampaikan secara informal tanpa penggunaan metode yang tepat, sehingga dapat mengakibatkan biaya besar dan kegagalan implementasi TPM dan pemeliharaan secara keseluruhan.

4. *Autonomous Maintenance*

Menggunakan operator yang terlatih untuk melaksanakan tugas pemeliharaan sederhana dapat meningkatkan keterampilan mereka, memberikan tanggung jawab tambahan, meningkatkan prospek pekerjaan, membebaskan teknisi untuk tugas yang lebih kompleks, dan mengurangi biaya, seiring dengan tujuan untuk meningkatkan kemampuan operator dalam melakukan pemeliharaan dasar pada peralatan mereka sendiri.

5. *Planned Maintenance*

Pemeliharaan Terencana mencari penyebab mendasar masalah peralatan dan mengidentifikasi serta menerapkan solusi akar. Pemeliharaan terencana (*Planned Maintenance*) bertujuan untuk mencegah kerusakan peralatan dengan menangani penyebab mendasar masalah dan meningkatkan efisiensi peralatan, serta melibatkan tim *Zero Fails* (ZF) yang terdiri dari operator dan teknisi untuk menangani masalah lebih kompleks serta meningkatkan *Overall Equipment Efficiency* (OEE).

6. *Quality Maintenance*

Pilar ini menggunakan tim lintas fungsi untuk mengidentifikasi area kinerja peralatan di mana variasi produk harus direduksi, dan setelah penyebab ditemukan, tim akan menentukan apakah modifikasi atau peningkatan dapat dilakukan untuk meningkatkan hasil, atau mencari proses manufaktur alternatif yang mungkin tidak memiliki batasan yang sama.

7. *Focused Improvement*

Menemukan solusi permanen setelah masalah-masalah tersebut dievaluasi untuk membenarkan apakah perbaikan akan memberikan manfaat positif dan efisien secara biaya.

8. *Support Systems*

Setiap departemen dalam sebuah organisasi memiliki dampak pada produksi, dan pilar ini menggunakan teknik TPM untuk mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah-masalah yang mungkin timbul, dengan prinsip dasar mencari masalah dan kemudian menerapkan prosedur TPM untuk menganalisis dan mengatasi masalah-masalah tersebut.

2.2.5. Metode *Analytical Hierarchy Process*

Menurut Supriadi dkk., (2018) *analytical hierarchy process* (AHP) adalah teori pendukung pengambilan keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Metode AHP akan menjelaskan masalah dengan beberapa kriteria untuk menjadi sebuah hirarki. Hirarki didefinisikan sebagai representasi masalah dalam struktur multi-level, dengan level pertama sebagai tujuan, diikuti oleh level faktor, kriteria, subkriteria, dan level terakhir adalah alternatif. AHP sering digunakan sebagai metode untuk pengambilan keputusan karena 3 alasan, yaitu:

- d. Struktur tersusun secara hierarkis, konsekuensi dari kriteria yang dipilih sampai dengan subkriteria paling akhir.
- e. Memperhitungkan validitas pembobotan sampai dengan batas toleransi.
- f. Mempertimbangkan ketahanan hasil dari analisis sensitivitas pengambilan keputusan.

Metode AHP pun memiliki kelebihan dan kekurangan dalam sistem analisisnya. Berikut kelebihan dari metode AHP.

- a. Kesatuan yang terstruktur
- b. Mampu memecahkan permasalahan kompleks dengan pendekatan sistem
- c. Elemen pada sistem saling berhubungan tanpa harus ada hubungan linear
- g. Menyiapkan skala pengukuran dan metode untuk mendapatkan prioritas
- h. Mempehitungkan prioritas relatif sehingga dapat memudahkan dalam memilih berdasarkan tujuan
- i. Mempertimbangkan konsistensi logis

Berikut adalah kekurangan dari metode AHP

- a. Kebergantungan pada *input* utamanya
- b. Tidak ada pengujian statistik lebih lanjut sehingga tidak ada batas kepercayaan dari kebenaran model yang terbentuk

Langkah-langkah dalam pembuatan metode AHP terdiri dari 7 tahapan. Berikut adalah tahapan dari metode AHP

1. Mengidentifikasi masalah dan merencanakan solusi yang diinginkan
2. Membuat struktur hirarki dengan tujuan yang sama
3. Membuat matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*)
4. Mengatur perbandingan satu lawan satu untuk menghasilkan total penilaian sebanyak $n \times [(n-1)/2]$ buah, di mana n adalah jumlah elemen yang dibandingkan.
5. Pengujian konsistensi pembobotan
6. Mengulangi langkah 3, 4, 5 untuk seluruh tingkat hirarki
7. Memeriksa konsistensi hirarki

2.2.6. ISO 22000:2018

Menurut Purnomo & Mas'ud (2020) standar ISO 22000:2018 adalah standar yang digunakan untuk perusahaan yang bergerak pada industri *food and beverages*. Standar ini digunakan untuk memberikan jaminan keamanan produk yang diproduksi. Standar ini penting sebagai panduan bagi industri dalam mengembangkan, memonitor, menerapkan, dan meningkatkan sistem manajemen keamanan pangan atau *Food Safety Management System* (FSMS). Elemen utama dari FSMS adalah sebagai berikut.

1. Komunikasi interaktif
2. Pengelolaan sistem yang mencakup dokumentasi
3. Program prasyarat, untuk menjamin kebersihan lingkungan dan sanitasi
4. Prinsip HACCP yang akan membantu mengidentifikasi, mencegah, meminimalisir, dan menghilangkan bahaya untuk keamanan pangan

ISO 22000:2018 mengadopsi format Annex SL, atau struktur tingkat tinggi. 10 elemen utama dari struktur Annex SL adalah sebagai berikut.

1. Ruang Lingkup (*Scope*)
2. Referensi Normatif (*Normative References*)
3. Istilah Dan Definisi (*Terms And Definition*)
4. Konteks Organisasi (*Context Of The Organization*)

Klausul 4, meminta organisasi menentukan isu internal dan eksternal, kebutuhan dan harapan dari pihak yang berkepentingan, ruang lingkup dalam mengimplementasikan FSMS.

5. Kepemimpinan (*Leadership*)

Klausul 5, pemimpin memiliki peran dalam implementasi standar. Semua divisi dalam struktur perusahaan termasuk manajemen tertinggi harus menunjukkan kepemimpinan dan komitmen terhadap implementasi FSMS.

6. Perencanaan (*Planning*)

Klausul 6, organisasi harus membuat perencanaan dalam penerapan FSMS. Organisasi harus memperhitungkan isu yang dimaksud pada klausul 4.1 dan persyaratan yang dimaksud pada klausul 4.2.

7. Proses Pendukung (*Support*)

Klausul 7, semua aspek yang terkait dengan pendukung proses dikumpulkan dalam klausul ini, termasuk sumber daya, keahlian, komitmen, komunikasi, dan informasi terdokumentasi.

8. Operasional (*Operational*)

Klausul 8, perlu memahami HACCP agar bisa diterapkan. Pada klausul ini organisasi diminta untuk merencanakan, menerapkan, dan mengendalikan proses yang diperlukan untuk memenuhi persyaratan yang tercantum dalam tindakan yang ditetapkan dalam klausul 6.1 dan 6.2. Selain itu, organisasi juga diminta untuk mempersiapkan respons darurat dan mengendalikan bahaya dalam FSMS.

9. Evaluasi Performa (*Performance Evaluation*)

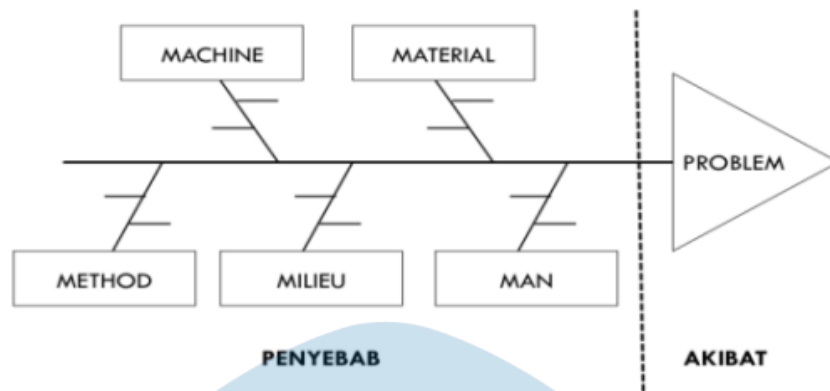
Klausul 9, berisi mengenai evaluasi dalam menerapkan FSMS. Aspek-aspek seperti metode pengawasan, pengukuran, analisis, evaluasi, serta audit internal dan tinjauan manajemen.

10. Peningkatan (*Improvement*)

Klausul 10 mengatur tentang upaya optimalisasi berkelanjutan yang harus dilakukan oleh organisasi. Jika ada ketidaksesuaian yang ditemukan, organisasi harus segera mengambil tindakan untuk menanganinya.

2.2.7. Fishbone Diagram

Diagram tulang ikan, atau *fishbone diagram*, adalah alat dari tujuh alat dasar kualitas yang mengilustrasikan hubungan sebab-akibat dari suatu masalah yang sedang dianalisis. Faktor penyebab yang umumnya termasuk manusia (*man*), metode (*method*), lingkungan (*environment*), mesin (*machine*), material (*materials*), serta berbagai faktor lain yang dapat disesuaikan sesuai dengan konteks masalah. Diagram ini mengorganisir sebab-sebab masalah secara sistematis, dengan ujung atau kepala diagram mewakili dampak utama atau permasalahan yang muncul dari sebab-sebab yang tertera dalam diagram.



Gambar 2.5. Fishbone Diagram

(Sumber: Raman dkk., 2019)

2.2.6. Skala Likert

Menurut Priadana & Sunarsi (2021), skala likert adalah metode yang digunakan untuk mengukur pendapat, penilaian, dan persepsi individu terhadap suatu fenomena atau masalah. Indikator yang terukur digunakan sebagai dasar untuk menyusun pertanyaan atau pernyataan yang akan dijawab oleh responden. Teknik penelitian yang menggunakan skala likert dapat diimplementasikan dalam bentuk *checklist*. Contoh penggunaan skala likert dengan menggunakan bentuk *checklist* adalah sebagai berikut.

Tabel 2.3. Skala Likert Dalam Bentuk Checklist

No.	Pernyataan	Jawaban			
		Tidak Setuju	Ragu-ragu	Setuju	Sangat Setuju
1.	Penggunaan material karbon sebagai rangka sepeda bukan material paling ringan	✓			

Keterangan pembobotan:

- Tidak Setuju = 1
- Ragu-ragu = 2
- Setuju = 3
- Sangat Setuju = 4

2.2.5. Solidworks 2022

Menurut Eliza (2019) *solidworks* adalah aplikasi CAD (*Computer-Aided Design*) yang digunakan untuk mendesain gambar kerja 3D dan 2D. *Solidworks* dapat

digunakan untuk mendesain mesin *checkweigher* dengan membuat model 3D dari setiap komponen mesin *checkweigher*, sebagai contoh *roller conveyor*, *belt conveyor*, rangka mesin, dan masih banyak lagi komponen yang terdapat pada mesin. Selain untuk membuat model 3D dan 2D, perangkat ini dapat digunakan untuk melakukan simulasi dan analisis pada komponen mesin, seperti simulasi dan analisis kekuatan mesin. Perangkat lunak ini juga berfungsi untuk merakit komponen-komponen yang ada pada mesin agar menjadi satu kesatuan mesin yang utuh. *Solidworks* merupakan salah satu perangkat lunak pengembangan 3D CAD yang banyak digunakan di industri dan banyak perusahaan manufaktur. Berbagai macam fitur dan kapabilitas dari *solidworks* untuk mengakomodasi desain yang kompleks sekalipun, menjadi alasan banyak perusahaan yang menggunakan perangkat lunak ini untuk implementasi desain.



Gambar 2.6. Tampilan Awal Solidworks 2022