

Bab 2

Tinjauan Pustaka

2.1 Produk

Produk adalah barang yang dibuat dan dijual oleh perusahaan kepada konsumennya [4]. Produk merupakan sesuatu yang dijual oleh perusahaan kepada pembeli. Suatu produk harus lebih unggul dari produk lainnya dalam hal kualitas, desain, bentuk, ukuran, kemasan, pelayanan, garansi dan rasa agar dapat menarik konsumen untuk mencoba dan membeli. Produk dirancang untuk melakukan fungsinya untuk membantu dan memfasilitasi kegiatan dalam kehidupan manusia. Produk adalah segala sesuatu yang dapat ditawarkan ke pasar untuk dilihat, disukai, atau dibeli untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan pemakainya. Produk tersebut dapat memenuhi kebutuhan tertentu, dengan kata lain, dapat memuaskan pengguna [5]. Keberadaan produk di dunia memiliki siklus kehidupan, siklus kehidupan tersebut terbagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap identifikasi kebutuhan produk
2. Tahap Perancangan dan pengembangan
3. Tahap Pembuatan dan Distribusi
4. Tahap Penggunaan atau Pemanfaatan Produk
5. Tahap Pemusnahan Produk

2.1.1 Perencanaan Produk

Rencana produk bertujuan untuk mengidentifikasi *portfolio* produk-produk yang dikembangkan oleh organisasi dan kapan akan diluncurkan [3]. Proses perencanaan mempertimbangkan peluang-peluang pengembangan produk. Peluang-peluang itu diidentifikasi oleh banyak sumber, mencakup usulan bagian pemasaran, penelitian pelanggan, tim pengembang produk, dan analisis keunggulan para pesaing. Rencana produk secara teratur diperbarui agar mencerminkan adanya perubahan dalam lingkungan persaingan, teknologi, dan informasi keberhasilan produk yang sudah ada. Rencana produk dikembangkan dengan memprediksi sasaran

perusahaan, kemampuan, batasan dan lingkungan persaingan. Ada proyek pengembangan produk yang dikelompokkan menjadi 4 tipe [3], yaitu:

1. *Platform* produk baru

Tipe proyek ini melibatkan usaha pengembangan utama untuk merancang suatu produk baru berdasarkan *platform* yang baru dan umum.

2. Turunan dari *platform* produk yang telah ada

Proyek-proyek ini memperpanjang *platform* produknya supaya lebih baik dalam memasuki pasar yang telah dikenal lebih dari produk baru.

3. Peningkatan perbaikan untuk produk yang telah ada

Proyek ini memungkinkan melibatkan penambahan atau modifikasi beberapa detail produk dari produk yang telah ada dalam rangka menjaga lini produk pada pesaingnya.

4. Pada dasarnya produk baru

Proyek ini melibatkan produk baru yang sangat berbeda atau teknologi produksi dan mungkin membantu untuk memasuki pasar yang belum di kenal. Proyek ini umumnya melibatkan lebih banyak resiko.

2.1.2 Desain Produk

Desain atau rancangan adalah bentuk suatu rencana, dalam hal ini dapat berupa proposal, gambar, model, maupun deskripsi guna menghasilkan sebuah objek, sistem, komponen atau struktur [6]. Desain umumnya mengacu pada proses perencanaan, pembangunan, atau rekayasa. Secara umum, desain adalah proses perancangan yang melibatkan kreatifitas manusia dan bertujuan untuk membuat suatu benda, sistem, dan sejenisnya untuk dimanfaatkan oleh manusia. Definisi lainnya yang mungkin lebih tepat untuk bidang engineering adalah desain menetapkan dan mendefinisikan solusi serta kerangka yang tepat bagi pemecahan masalah yang belum terpecahkan sebelumnya, atau solusi baru untuk masalah yang sudah pernah dipecahkan sebelumnya dengan suatu cara yang berbeda [7].

Adapun tahapan atau langkah-langkah dalam suatu proses desain mungkin berbeda diantara peneliti. Proses desain menurut Dieter secara garis besar terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut[7]:

1. Identifikasi Kebutuhan (*Needs*)

Pada suatu perusahaan bisnis yang membuat produk, kebutuhan bisa datang dari dalam perusahaan atau dari luar perusahaan.

2. Mendefinisikan Masalah

Dalam mendefinisikan masalah sebaiknya masalah didefinisikan seluas-luasnya (general), sehingga solusi dapat dicari seluas-luasnya dan tidak mengesampingkan solusi yang unik atau lain dari biasanya.

3. Mengumpulkan Informasi

Setelah masalah dapat diidentifikasi langkah selanjutnya dalam desain adalah mengumpulkan informasi dan data yang dibutuhkan untuk memecahkan masalah. Jenis informasi dan data yang dibutuhkan tentu saja tergantung pada masalah yang dihadapi. Data yang dibutuhkan bisa saja berasal dari survey, wawancara, dan eksperimen di laboratorium. Sedangkan informasi bisa didapatkan dari *journal*, *textbook*, dan artikel.

4. Konseptualisasi

Konseptualisasi bertujuan untuk menemukan elemen, mekanisme, proses, atau konfigurasi yang apabila dikombinasikan akan menghasilkan suatu desain yang memenuhi kebutuhan.

5. Evaluasi

Dilakukan analisis yang mendalam pada rancangan atau desain. Langkah ini memungkinkan membutuhkan perhitungan performansi desain secara detail, dibutuhkan simulasi atau bahkan perlu membuat *prototype*.

6. Komunikasi Desain

Tujuan utama dari mendesain adalah memenuhi kebutuhan atau keinginan pelanggan (*customer*), oleh sebab itu hasil desain harus selalu dikomunikasikan dengan pelanggan dan *stakeholder* melalui berbagai cara komunikasi, seperti melakukan presentasi atau video.

2.1.3 Pengembangan Produk

Pengembangan produk merupakan serangkaian aktivitas yang dimulai dengan kesadaran pasar dan analisis peluang dan diakhiri dengan setiap fase produksi, penjualan, dan pengiriman produk [3]. Pengembangan produk merupakan aktivitas lintas disiplin yang membutuhkan kontribusi dari hampir semua fungsi yang ada di perusahaan, namun tiga fungsi yang selalu paling penting bagi proyek pengembangan produk, yaitu:

1. Pemasaran

Fungsi pemasaran menjembatani interaksi antara perusahaan dengan pelanggan. Peranan lainnya adalah memfasilitasi proses identifikasi peluang produk, pendefinisian segmen pasar, dan identifikasi kebutuhan pelanggan. Bagian pemasaran juga secara khusus merancang komunikasi antara perusahaan dengan pelanggan, menetapkan target harga dan merancang peluncuran serta promosi produk.

2. Perancangan (design)

Fungsi perancangan memainkan peranan penting dalam mendefinisikan bentuk fisik produk agar dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Dalam konteks tersebut tugas bagian perancangan mencakup desain *engineering* (mekanik, elektrik, *software* dan lain-lain) dan desain industri (estetika, *user interface*).

3. Manufaktur

Fungsi manufaktur terutama bertanggung jawab untuk merancang dan mengoperasikan sistem produksi pada proses produksi produk. Secara luas, fungsi manufaktur seringkali mencakup pembelian, distribusi dan instalasi. Kumpulan aktivitas-aktivitas ini disebut juga sebagai rantai pasok (*supply chain*).

Individu-individu yang tersebar pada berbagai fungsi dan terlibat pada proses pengembangan produk seringkali mempunyai bidang keahlian yang spesifik, seperti riset pasar, rekayasa mekanik, rekayasa listrik, ilmu bahan (*materials science*) dan operasi manufaktur.

2.2 Perancangan dan Pengembangan Produk

Perancangan dan pengembangan produk merupakan bagian yang sangat penting dari semua kegiatan *engineering* yang ada. Kegiatan perancangan dimulai dengan pengenalan kebutuhan manusia, dilanjutkan dengan pembuatan konsep produk, dilanjutkan dengan perancangan, pengembangan dan finalisasi produk. Dalam pembuatan produk harus mempunyai beberapa proses atau tahapan yang perlu dilalui tahapan-tahapannya dimulai dari pernyataan misi sampai dengan tahap pembuatan produk. Kesuksesan suatu perusahaan dihadapkan kepada kemampuan untuk mengidentifikasi kebutuhan pelanggan, kemudian secara cepat dapat menciptakan sebuah produk yang dapat memenuhi segala kebutuhan tersebut dengan biaya yang rendah [3].

Perusahaan yang berorientasi dari laba, usaha pengembangan produk dikatakan sukses jika produk tersebut dapat di produksi dan di perjual belikan dengan menghasilkan laba. Namun laba seringkali sulit untuk dinilai secara cepat dan langsung. Ada beberapa dimensi yang berhubungan dengan laba dan biasa dipakai untuk menilai kinerja usaha pengembangan produk [3], yaitu:

1. Kualitas Produk

Kualitas produk yang baik dihasilkan dari hasil pengembangan yang baik juga. Produk yang dihasilkan harus dapat memuaskan kebutuhan pelanggan. Pada akhirnya kualitas produk sangat mempengaruhi pangsa pasar dan dapat menentukan harga yang ingin dibayar oleh pelanggan untuk produk yang dihasilkan tersebut.

2. Biaya produksi Produk

Biaya manufaktur merupakan biaya yang dipakai atau dikeluarkan untuk modal peralatan dan alat bantu serta biaya produksi setiap unit. Biaya produk menentukan seberapa besar laba yang bisa dihasilkan oleh sebuah perusahaan pada harga penjualan produk.

3. Waktu proses pengembangan produk

Proses pengembangan produk dapat menjadi tolak ukur perusahaan dalam berkompetisi, menunjukkan daya tanggap perusahaan terhadap teknologi atau alat-alat yang digunakan untuk pembuatan produk.

4. Biaya Pengembangan

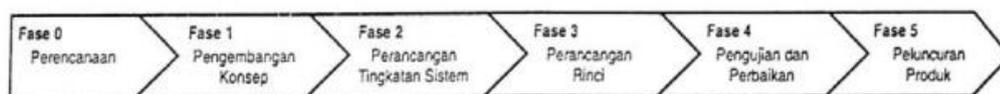
Perusahaan harus mengeluarkan biaya untuk dapat mengembangkan suatu produk. Biaya pengembangan merupakan salah satu komponen yang penting dari investasi yang dibutuhkan untuk mencapai profit.

5. Kapabilitas Pengembangan

Kemampuan dari tim pengembangan harus mempunyai kemampuan yang baik untuk mampu mengembangkan produk masa depan. Kemampuan tim pengembangan merupakan asset penting dari perusahaan untuk mengembangkan produk dengan efektif dan ekonomis di masa yang akan datang.

2.3 Proses Perancangan dan Pengembangan Produk

Proses perancangan dan pengembangan produk terdiri dari serangkaian kegiatan yang dimulai dengan persepsi peluang pasar dan diakhiri dengan pembuatan, penjualan, dan pengiriman produk [4]. Proses pengembangan produk merupakan upaya untuk menciptakan produk baru dan memperbaiki atau memodifikasi produk yang lama untuk memenuhi permintaan pasar dan selera pelanggan [8]. Perancangan produk itu sendiri merupakan serangkaian kegiatan yang berurutan, karena itu perancangan kemudian disebut sebagai proses perancangan yang mencakup seluruh kegiatan yang terdapat dalam perancangan tersebut [9]. Terdapat enam fase dalam pengembangan produk yang banyak dibahas dan dipakai sebagai acuan dalam pelaksanaan pengembangan produk [10], bisa dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Enam Fase Perancangan dan Pengembangan Produk

Pada gambar 2.1, susunan fase perancangan dan pengembangan produk yang mulai dari fase 0 sampai dengan fase 5 yang dijelaskan dalam buku perancangan dan pengembangan produk[2][3], sebagai berikut penjelasan dari setiap fase tersebut:

1. Fase 0 Perencanaan

Sering disebut fase 0 atau *zero fase*, karena pernyataan misi di buat sebelum kegiatan proyek dan proses peluncuran pengembangan produk.

2. Fase 1 Pengembangan Konsep

Fase 1 ini pengembangan konsep dilakukan untuk kebutuhan pasar target dan kebutuhan pelanggan di identifikasi. Alternatif konsep-konsep di bangkitkan dan di lakukan evaluasi, dan satu atau lebih dari konsep dipilih untuk dapat di kembangkan dan dilakukan pengujian produk. Konsep yang telah didapatkan kemudian diuraikan bentuk dan fungsinya.

3. Fase 2 Perancangan Tingkat Sistem

Pada fase kedua ini mencakup arsitektur produk dan uraian produk menjadi subsistem serta komponen-komponennya.

4. Fase 3 Perancangan Rinci

Kegiatan pada fase ini adalah mencakup spesifikasi lengkap dari bentuk, material, dan toleransi-toleransi dari seluruh komponen yang unik pada produk dan kemudian diidentifikasi seluruh komponen standar yang di beli dari pemasok.

5. Fase 4 Pengujian dan Perbaikan

Kegiatan fase ini melibatkan konstruksi dan evaluasi dari bermacam-macam versi produksi awal produk.

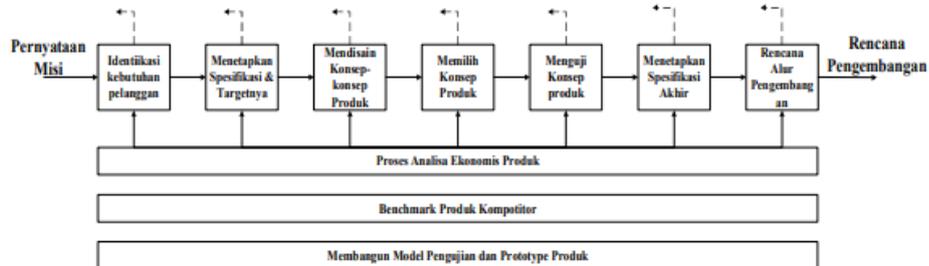
6. Fase 5 Peluncuran Produk

Pada fase ini merupakan produksi awal. Produk yang dibuat akan disesuaikan dengan keinginan dan kebutuhan pelanggan dan secara hati-hati dilakukan evaluasi untuk mengidentifikasi kekurangan-kekurangan yang ada di produk.

2.4 Pengembangan Konsep

Pengembangan konsep merupakan proses pengembangan yang membutuhkan lebih banyak koordinasi dibandingkan fungsi-fungsi lainnya [3]. Konsep merupakan

uraian dari sesuatu bentuk, fungsi, dan tampilan suatu produk dan biasanya dibarengi dengan sekumpulan spesifikasi produk. Berikut merupakan langkah-langkah dalam pengembangan konsep produk dari awal hingga akhir dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pengembangan Konsep

Pada gambar 2.2, adalah langkah-langkah proses awal hingga akhir pengembangan konsep produk. Dasar pengembangan konsep dimulai dari pernyataan misi sampai dengan pemilihan konsep produk. Semua langkah proses itu menggambarkan sebuah proses yang disebut dengan pengembangan konsep [11].

2.4.1 Identifikasi Kebutuhan Pelanggan

Perencanaan pengembangan suatu produk perlu dilakukan riset pasar guna untuk mengidentifikasi kebutuhan pelanggan dengan cara melakukan wawancara dan melakukan penyebaran kuesioner [8]. Identifikasi kebutuhan pelanggan bertujuan untuk mengetahui kebutuhan-kebutuhan yang tersembunyi maupun kebutuhan-kebutuhan yang muncul secara eksplisit dari pelanggan [12]. Perancangan alat ini untuk merancang sebuah alat berdasarkan kebutuhan pelanggan sebagai prioritas dalam memenuhi spesifikasi produk yang nantinya akan dibuat [13].

Proses identifikasi kebutuhan pelanggan adalah bagian yang integral dari proses pengembangan produk, dan juga tahapan yang mempunyai hubungan yang erat dengan proses penurunan konsep, seleksi konsep, *Benchmark* dengan pesaing (*Competitive Benchmarking*), dan menetapkan spesifikasi produk [3]. Identifikasi kebutuhan pelanggan sendiri dibagi menjadi 4 tahapan, yaitu:

1. Mengumpulkan data mentah dari pelanggan

Dalam proses pengumpulan data hanya mencakup kontak dengan pelanggan dan mengumpulkan pengalaman dari lingkungan produk. Terdapat tiga pengumpulan data yang dapat digunakan:

- a. Wawancara

Wawancara dilakukan satu atau lebih anggota tim pengembang untuk berdiskusi untuk mencari kebutuhan seorang pelanggan. Wawancara biasanya berlangsung sekitar 1 sampai dengan 2 jam.

- b. Kelompok Fokus

Tim pengembang melakukan diskusi langsung dengan sebuah kelompok yang akan menggunakan produk tersebut. Kelompok fokus tersebut terdiri dari 8 sampai 12 orang pelanggan, kemudian ditempatkan di suatu ruangan yang dilengkapi cermin pada dua sisi yang dapat membantu anggota tim pengembang mengamati proses yang sedang berlangsung. Kelompok fokus ini biasa berlangsung selama 2 jam.

- c. Observasi produk pada saat digunakan

Mengamati secara langsung pelanggan menggunakan produk tersebut atau sedang melakukan aktivitas pekerjaannya yang sesuai dengan tujuan produk tersebut hingga dapat diciptakan, dan juga dapat memberikan informasi penting mengenai kebutuhan pelanggan.

2. Menginterpretasikan data mentah menjadi kebutuhan pelanggan

Kebutuhan pelanggan diekspresikan sebagai pernyataan tertulis dan merupakan hasil interpretasi kebutuhan yang berupa data mentah yang diperoleh dari pelanggan. Hasil setiap pernyataan atau hasil dari observasi dapat diterjemahkan menjadi nomor berapa pun sebagai kebutuhan pelanggan.

3. Mengorganisasikan kebutuhan menjadi hierarki

Tujuan dari langkah ini adalah untuk mengorganisasikan kebutuhan-kebutuhan pelanggan menjadi beberapa hierarki. Kebutuhan-kebutuhan ini terdiri dari beberapa kebutuhan primer, di mana masing-masing kebutuhan primer tersusun menjadi kebutuhan sekunder. Kemungkinan juga dalam kasus produk yang kompleks, kebutuhan sekunder dipecah lagi menjadi kebutuhan tertier.

4. Menetapkan kepentingan relatif setiap kebutuhan

Tahapan ini bertujuan untuk menetapkan tingkat kepentingan relatif kebutuhan yang dihasilkan. Ada dua pendekatan dasar yang bisa menetapkan bobot kepentingan setiap kebutuhan, yaitu:

- a. Bersandar pada konsensus anggota tim berdasarkan pengalaman mereka selama ini dengan pelanggan
- b. Berdasarkan nilai kepentingan yang diperoleh dari survei lanjutan terhadap pelanggan.

Bobot kepentingan bisa didapatkan dengan cara mencari nilai rata-rata dari setiap nilai kepentingan, standar deviasi, pengguna skala tingkat kepentingan yaitu 1 sampai 5 [3], sebagai berikut:

- a. Nilai dengan bobot 1 menunjukkan kriteria tidak diinginkan.
- b. Nilai dengan bobot 2 menunjukkan kriteria tidak penting.
- c. Nilai dengan bobot 3 menunjukkan kriteria ini bagus untuk dimiliki, tetapi tidak terlalu perlu.
- d. Nilai dengan bobot 4 menunjukkan kriteria ini sangat diinginkan.
- e. Nilai dengan bobot 5 menunjukkan ini sangat penting.

2.4.2 Spesifikasi Produk

Spesifikasi produk adalah hal-hal yang harus dilakukan oleh sebuah produk. Spesifikasi target dapat di buat setelah identifikasi pelanggan, spesifikasi target merupakan harapan dan aspirasi dari tim pengembang, tetapi spesifikasi target di buat sebelum teknologi apa yang dapat digunakan pada produk spesifikasi target dapat gagal dipenuhi karena tergantung konsep produk yang dipilih [3]. Spesifikasi dapat dilakukan perbaikan berulang ulang selama pengembangan produk berlangsung. Adapun proses pembuatan target spesifikasi terdiri dari 4 langkah:

1. Menyiapkan daftar metrik

Metrik yang baik yaitu matrik yang dapat merefleksikan secara langsung nilai produk yang memuaskan kebutuhan pelanggan. Hubungan antara kebutuhan dan metrik merupakan inti dari proses penetapan spesifikasi dengan asumsi

kebutuhan pelanggan menjadi sekumpulan nilai spesifikasi yang tepat dan terukur, dan dapat memenuhi spesifikasi dengan sendirinya akan menghasilkan kepuasan terhadap kebutuhan pelanggan seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.3.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	•																			
2		•																		
3			•																	
4				•																
5					•															
6						•														
7							•													
8								•												
9									•											
10										•										
11											•									
12												•								
13													•							
14														•						
15															•					
16																•				
17																	•			
18																		•		
19																			•	
20																				•

Gambar2. 3 Matrik Kebutuhan Pelanggan

Adapun pertimbangan yang harus dilakukan dalam pembuatan matrik:

- Metrik harus lengkap yang idealnya matrik harus berhubungan dengan kebutuhan pelanggan, nilai metrik harus memuaskan kebutuhan pelanggan terkait.
- Metrik harus merupakan variable yang berhubungan, bukan variable bebas. Matrik harus menjelaskan apa yang harus di lakukan produk dalam memenuhi kebutuhan pelanggan.
- Metrik harus praktis. Matrik merupakan bagian produk yang dapat langsung di analisis oleh tim pengembangan.
- Metrik menghasilkan kebutuhan yang tidak dapat di ukur atau di terjemahkan dengan terukur, maka satuan yang di berikan yaitu “Subjek”.
- Matrik harus kriteria yang populer di pasaran untuk perbandingan palagan dengan produk lain.

Spesifikasi akhir adalah perbaikan dari spesifikasi target yang dilakukan pada saat sudah mendapatkan konsep produk yang terbaik. Spesifikasi target merupakan pernyataan awal dengan selang nilai tertentu dan pada spesifikasi akhir di buat dengan nilai yang tepat sesuai produk yang akan di buat.

2. Mengumpulkan informasi tentang pesaing

Proses ini merupakan pengumpulan data pesaing untuk mendapatkan kesuksesan serta komersial. Ketika proses pengembangan dilakukan bagai mana produk dapat bersaing di pasaran. Pengumpulan data pesaing untuk menentukan posisi produk berada dengan perbandingan produk yang sudah ada sebelumnya, pengumpulan data pesaing harus dapat dikumpulkan agar produk bisa di tentukan positioning produk.

3. Menentukan nilai target idel dan marginal

Tahap ini mempersatukan informasi yang tersedia untuk mengatur nilai target dalam metrik. Nilai yang digunakan ada dua macam nilai target yaitu nilai ideal merupakan nilai tetap tidak boleh kurang atau lebih dan nilai marginal yaitu nilai pertengangan antar kurang dan lebih.

4. Merefleksikan hasil dan proses

Pada tahap ini tim pengembang perlu beberapa kali pengulangan sampai target disetujui. Tim juga perlu mempertimbangkan setiap kali pengulangan akan membantu meyakinkan bahwa hasil yang didapatkan sudah konsisten.

2.4.3 Penyusunan Konsep

Konsep produk adalah gambaran dan perkiraan mengenai teknologi, prinsip kerja dan bentuk produk [3]. Pembuatan konsep produk merupakan gambaran secara singkat sebagaimana sebuah konsep produk dapat memenuhi kebutuhan pelanggan tersebut. Sebuah konsep juga dapat di gambarkan menjadi sebuah sketsa secara garis besar. Penyusunan konsep di mulai dari sebuah keutuhan pelanggan dan spesifikasi target dengan di akhiri terciptanya 5 sampai 20 konsep produk yang harus di pertimbangkan. Adapun 5 tahapan dari penyusunan konsep, sebagai berikut:

1. Memperjelas Masalah

Memperjelas masalah merupakan suatu tahapan untuk memecahkan suatu masalah menjadi sub masalah. Pernyataan misi, kebutuhan pelanggan dan spesifikasi produk menjadi input untuk membuat sebuah konsep, dekomposisi masalah secara fungsional dengan cara menggambarkan black box yang berhubungan dengan material energi dan sinyal. Langkah selanjutnya dalam mendekomposisi masalah yaitu dekomposisi fungsi membagi kotak hitam tunggal menjadi sub fungsi untuk membuat sebuah gambaran apa yang harus dilakukan produk pada setiap elemen dasar.

2. Pencarian secara eksternal

Pencari eksternal merupakan suatu menemukan solusi yang didapatkan pada tahap pengembangan konsep. Berikut adalah cara untuk pencarian eksternal:

- a. Wawancara pengguna utama
- b. Konsultasi pakar
- c. Mencari paten
- d. Mencari literatur yang sudah di publikasikan dan Analisis produk terkait.
- e. Analisis (*Benchmarking*) produk terkait

3. Pencarian secara internal

Pencarian internal merupakan penggunaan pengetahuan dan kreativitas dari individual dalam menghasilkan konsep solusi. Pencarian internal yang berarti semua pemikiran yang timbul di hasilkan dari pemikiran dan pengetahuan dari tim pengembang. Tahap ini merupakan kegiatan paling tidak terbatas dan kreatif di banding kegiatan lainnya dalam pengembangan produk.

4. Menggali secara sistematis

Tahap ini merupakan lanjutan dari pencarian eksternal dan internal yang mana mengumpulkan solusi-solusi untuk sub masalah yang didapatkan. Mengali secara sistematis dalam menyabarkannya diperlukan 2 tahapan yaitu:

- a. Membuat pohon klasifikasi konsep

Pohon klasifikasi dibuat untuk memisahkan keseluruhan penyelesaian yang mungkin menjadi beberapa kelas berbeda. Di dalam pohon klasifikasi

terdapat sub masalah yang di dapatkan dan bercabang untuk solusi yang di dapatkan untuk sub masalah tersebut.

b. Tabel kombinasi konsep

Tabel kombinasi konsep membuat suatu cara untuk pertimbangan kombinasi solusi secara sistematis. Tabel kombinasi memiliki beberapa kolom yang merupakan penggalan-penggalan sub masalah dan solusi yang didapatkan. Setiap solusi dan sub masalah akan di kombinasikan menggunakan arah panah yang akan menjelaskan solusi yang digunakan untuk setiap sub masalah dan menjadi satu kesatuan konsep produk.

5. Evaluasi Konsep

Evaluasi konsep atau seleksi konsep yaitu langkah untuk penilai konsep dengan mengukur dari kebutuhan pelanggan dan detail lainnya, membandingkan konsep dari segi kelemahan dan kekurangan yang ada pada konsep yang telah dibuat. Kemudian tim pengembang memilih beberapa konsep untuk penelitian lebih lanjut dengan cara menggunakan beberapa metode untuk memilih konsep. Metode pemilihan konsep sangat bervariasi jika dilihat dari efektifitas nya [3], berikut ini beberapa metode yang sering digunakan:

- a. Keputusan eksternal yaitu konsep dikembalikan kepada pelanggan untuk dinilai.
- b. Produk juara yaitu pemilihan konsep oleh senior yang sudah mahir dalam bidangnya.
- c. Intuisi yaitu konsep dipilih berdasarkan perasaan.
- d. Multi voting yaitu setiap anggota tim pengembang memilih beberapa konsep.
- e. Pro dan kontra yaitu melihat kekuatan dan kelemahan produk.
- f. Matrik keputusan yaitu menilai konsep berdasarkan pada kriteria penyeleksian yang telah ditetapkan.

2.5 Prototype Produk

Prototype merupakan sebuah simulasi atau model dari aspek produk yang sesungguhnya akan dikembangkan, sehingga *prototype* mewakili model produk

yang akan dibuat atau mensimulasikan struktur, fungsional, dan operasi sistem [14]. Model yang dibuat harus bersifat representatif dari produk. *Prototype* didefinisikan sebagai penaksiran produk melalui satu atau lebih dimensi yang menjadi perhatian, artinya setiap wujud yang dapat memperlihatkan sedikitnya satu aspek produk yang menarik bagi tim pengembangan bisa ditampilkan sebagai sebuah *prototype* [3]. *Prototype* secara berguna diklasifikasikan menjadi dua dimensi, yaitu:

1. Tingkatan dimensi yang pertama, di mana *prototype* tersebut merupakan bentuk fisik sebagai lawan dari analitik. *Prototype* fisik merupakan benda nyata yang dibuat untuk memperkirakan produk. Aspek-aspek dari produk yang diminati oleh tim pengembang secara nyata akan dibuat menjadi suatu benda untuk pengujian dan percobaan.
2. Tingkatan dimensi kedua, di mana sebuah *prototype* merupakan *prototype* yang menyeluruh sebagai lawan terfokus. *Prototype* yang menyeluruh mengimplementasikan sebagian besar atau semua atribut dari produk. *Prototype* yang menyeluruh dapat disamakan dengan pemakaian sehari-hari dari kata *prototype*, merupakan sebuah skala keseluruhan, versi kerja keseluruhan dari produk.

Prototype sendiri digunakan sebagai pembelajaran, komunikasi, penggabungan, dan sebagai *milestone*. Semua *prototype* dapat digunakan untuk semua tujuan ini, *prototype* fisik biasanya sangat baik untuk berkomunikasi, sedangkan *prototype* menyeluruh sangat baik untuk penggabungan dan *milestone*.

2.5.1 Rapid Prototyping

Rapid Prototyping merupakan teknik yang dapat membentuk dan merakit suatu benda atau produk dengan menggunakan cara yang cepat dengan integrasi antara sistem CAD (*Computer Aided Design*) dan mesin dengan sebuah sistem *rapid prototyping* (seperti printer 3D dan CNC) [15]. Ada beberapa jenis mesin *rapid prototyping* yang telah dipasarkan secara komersial, diantaranya mesin *selective laser sintering* (SLS), *stereolithography*, *laminated object manufacturing* (LOM), dan *three dimensional printing* (3D printing) [16]:

1. *Selective Laser Sintering (SLS)*

Proses mesin ini digunakan untuk membuat *part* atau komponen dengan berbagai jenis material, diantaranya *polymer*, pasir, logam, keramik, *polystyrene*, dan lilin. Proses kerja dari mesin ini menggunakan sebuah cahaya laser untuk membuat produknya.

2. *Stereolithography*

Cara kerja mesin ini menggunakan sinar ultraviolet untuk mendapatkan permukaan tertentu (data gambar 3D) dengan menggunakan material *photopolymer*. Proses pematatan dilakukan dengan layer per layer untuk membuat produk 3D.

3. *Laminated Object Manufacturing*

Proses kerja mesin ini menggunakan lembaran material seperti kertas, plastik, atau komposit yang ditumpuk. Proses pemotongan mesin ini menggunakan laser untuk membentuk sebuah geometri objek lapis per lapis.

4. *Three Dimensional Printing (Printer 3D)*

Mesin ini digunakan untuk melakukan *slicing* (pengirisan) sehingga didapatkan beberapa gambar 2D yang kemudian membentuk objek 3D. Material yang biasa dipakai pada printer 3D adalah *starch*, *plaster*, dan pasir.

2.6 Printer 3D

Zaman sekarang dunia industri terus saja mengalami perkembangan, terutama industri-industri yang bergerak di bidang manufaktur. Dalam sebuah industri manufaktur mendesain suatu produk merupakan bagian yang sangat penting karena begitu ketatnya persaingan dan inovasi-inovasi yang dikeluarkan oleh perusahaan manufaktur untuk mendapatkan pasar. Pengembangan produk oleh perusahaan manufaktur sangat penting untuk memenuhi permintaan konsumen. Beberapa perusahaan manufaktur melakukan pengembangan produk, yang merupakan proses di mana konsep produk perlu diubah dari gambar teknis menjadi produk fisik. Pembuatan model atau prototipe pertama dari produk fisik disebut prototyping [17]. Printer 3D yang dikenal juga sebagai *prototyping* cepat, adalah proses desain di mana pemrograman komputer memandu pembuatan model tiga dimensi melalui

pelapisan bahan fabrikasi [18]. 3D Printing yang dikenal juga sebagai *Additive Layer Manufacturing* merupakan sebuah proses membuat objek berbentuk 3 dimensi atau bentuk apapun dari model digital [19]. Cara kerja printer 3d hampir sama seperti printer laser pada umumnya dengan teknik membuat objek dari sejumlah setiap lapisan yang kemudian dicetak pada masing-masing lapisan lain. Teknologi *printing* itu sendiri benar-benar telah dikembangkan sejak sekitar tahun 1980-an tetapi belum terlalu dikenal hingga tahun 2010-an ketika printer 3D itu diperkenalkan secara komersial. Adapun jenis-jenis printer 3D dengan berbagai macam jenis, sebagai berikut[20]:

1. Jenis Printer 3D *Direct and Binder*

Jenis printer 3D ini memiliki mekanisme kerja menggunakan *inkjet*. Dimana *inkjet* ini bergerak maju mundur sambil mengeluarkan cairan. Dan yang membedakan adalah printer 2D *inkjet* hanya bisa bergerak maju dan mundur atau horizontal, sedangkan printer 3D *inkjet* juga bergerak vertikal ataupun diagonal sambil mengeluarkan cairan tetapi cairan yang dikeluarkan bukanlah tinta seperti printer 2D melainkan sebuah lilin dan polimer plastik. Sedangkan model printer 3D jenis *binder* ini dalam melakukan proses kerjanya sama menggunakan nozel *inkjet* untuk menuangkan cairan untuk dapat membentuk setiap lapisan. Tetapi memiliki perbedaan dengan jenis *direct*, dimana jenis *binder* ini dilakukan untuk pencetakan menggunakan dua bahan yang terpisah yang berupa bubuk kering dan lem cair.

2. Jenis Printer *Photopolymer* dan *Sintering*

Jenis printed 3D *photopolymer* ini mempunyai cara kerja dengan meneteskan sebuah cairan plastic yang kemudian diberikan sebuah penyinaran cahaya laser yang berupa sinar ultraviolet, kemudia selama proses penyinaran cahaya ini mampu merubah cairan plastic menjadi bentuk padat. Sedangkan jenis printer 3D *sintering* ini mempunyai proses kerja dengan melibatkan partikel padat yang diberikan penyinaran cahaya. Proses penyinaran cahaya ini biasa dengan proses *selective laser sintering* atau disingkat SLS. Jadi printer 3D *sintering* ini cara kerjanya menggunakan cahaya laser untuk mencairkan bubuk plastik kemudian mencairkan dan memadatkan Kembali menjadi lapisan cetak.

2.6.1 Langkah-Langkah Proses 3D Printing

Adapun langkah-langkah dalam melakukan proses 3D *printing*, sebagai berikut:

1. Membuat desain produk menggunakan *software* desain seperti AutoCAD
2. Memindahkan hasil file desain produk menjadi format 3D, untuk menterjemahkan ke format 3D membutuhkan *software* khusus.
3. Kemudian komputer dihubungkan ke *motherboard* printer. Motherboard ini akan memberi perintah untuk menggerakkan koordinat X,Y, dan Z pada printer menjadi sebuah objek 3D.
4. Pasang bahan *polyactic acid* ke salah satu motor penggerak yang menjadi tempat proses pelelehan material plastik hingga suhu tertentu.
5. Ketika *polyactic acid* sudah meleleh maka akan berubah menjadi serat halus.
6. Printer akan bergerak memutar, sehingga serat-serat halus tersebut akan membentuk pola sesuai dengan objek yang dibuat.

2.7 Software AutoCAD

AutoCAD atau CAD (*Computer Aided Design*) Adalah sebuah aplikasi (*software*) yang digunakan untuk *drafting* (menggambar), *drawing design* (mendesain gambar), dan material *testing*, sebuah program yang memberikan kemudahan dan manfaat untuk membuat gambar (CAD) yang akurat [21]. AutoCAD adalah program yang biasa digunakan untuk tujuan tertentu dari merancang sebuah gambar dan membuat perancangan berbantuan komputer dalam pembentukan model dan ukuran 2D dan 3D, yang juga dikenal sebagai *Computer Aided Drafting and Design Program* (CAD) [22]. *Software* ini bisa digunakan untuk semua bidang kerja terutama pada bidang perancangan, sehingga memerlukan keterampilan khusus untuk pengetahuan gambar kerjanya. *Software* AutoCAD mempunyai beberapa fungsi yang dapat diaplikasikan berbagai macam keperluan seperti:

1. Membuat desain bangunan baik itu interior ataupun ekterior
2. Bisa membuat desain kendaraan seperti mobil, motor , pesawat, dan lain-lainnya.
3. Dapat menggambar berbagai macam objek yang berberda
4. Bisa membuat denah rumah

5. Dapat melihat objek dari berbagai sudut pandang
6. Dapat mengekspor hasil desain yang dibuat ke dalam macam format dengan kualitas terbaik.

Selain fungsinya yang banyak, *software* AutoCAD juga mempunyai fitur-fitur unggulan seperti:

1. *Tools* 2D dan 3D *drafting*, dimana terdapat beberapa perintah yang ada di dalam *tools* ini seperti *circle*, *line*, *chamfer*, *trim*, *loft*, *press pull*, dan lain-lainnya.
2. *Rendering*, terdapat 3 opsi rendering dengan adanya opsi ini proses rendering bisa dipilih dengan cepat.
3. Konversi PDF ke DWG, fitur ini dapat dipakai untuk mengubah file. Apabila gambar tersebut dalam bentuk PDF maka bisa di konversi ke DWG, sehingga tidak perlu repot-repot untuk menggambar ulang.

2.8 Software Ultimaker Cura

Software Cura adalah sebuah *software* sederhana untuk pengguna *software* pemula atau pengguna tingkat lanjut. *Software* ini mempermudah pengguna untuk melakukan proses *slicing* dengan berbagai macam fitur yang dimilikinya. *Software* ini hanya bisa dipakai dalam bentuk file .STL, .OBJ, dan .FPP. Hanya tipe file tersebut yang bisa melakukan *editing* di *software FlashPrint*. Fitur fitur yang dimiliki *flashprint* [23], yaitu:

1. *Load*, sebuah fitur yang dapat memuat file baru.
2. *Print*, sebuah fitur yang dapat mencetak sebuah benda
3. *Move*, sebuah fitur yang dapat memindahkan objek dari sumbu x dan y.
4. *Rotate*, sebuah fitur yang dapat membolak-balik sebuah objek yang diinginkan.
5. *Cut*, Sebuah fitur yang bisa dipakai untuk memotong sebuah objek.
6. *Support*, sebuah fitur yang dapat mengedit objek kembali.
7. *View*, sebuah fitur untuk melihat hasil objek yang dibuat. Fitur ini bisa melihat dari semua sudut pandang.
8. *Scale*, sebuah fitur yang dapat memperbesar dan memperkecil bentuk atau ukuran dari objek.