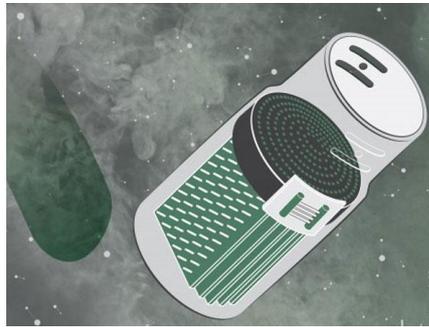


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *State Of The Art*

Alat yang dikembangkan oleh Anirudh Sharma pada tahun 2013 menawarkan inovasi melalui perangkat bernama "KAALINK", yang memungkinkan penangkapan dan pemanfaatan karbon dari polusi udara. Teknologi ini terutama efektif untuk menangani asap dari kendaraan bermotor dan mesin berbahan bakar fosil. Dengan "KAALINK", jelaga yang dihasilkan dari proses pembakaran dianggap sebagai limbah polusi dapat dikumpulkan dan diolah menjadi produk yang bermanfaat, yaitu tinta (Upadhyay 2022)



Gambar 2.1 Kaalink

Perangkat "KAALINK" berfungsi menyaring partikel karbon dalam asap kendaraan sebelum terlepas ke udara. Alat ini dirancang secara khusus untuk menangkap jelaga berukuran mikron yang mengandung karbon, logam berat, dan senyawa berbahaya lainnya. Teknologi ini terbukti efisien dalam menangani emisi gas buang dari sumber bergerak seperti kendaraan, yang secara umum sulit dikendalikan, sehingga memberikan solusi inovatif terhadap masalah polusi udara (Upadhyay, 2022).

2.2 Udara

Udara merupakan campuran gas yang menutupi permukaan bumi dan sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup. Komponen utama udara antara lain nitrogen (78%), oksigen (21%), argon (0,93%), dan karbon dioksida (0,04%), serta gas lainnya dalam jumlah kecil. Selain itu, udara mengandung uap air, partikel debu, dan polutan. Udara tidak terlihat dengan mata telanjang, tidak berbau dan tidak berasa. Kehadiran udara dapat dirasakan berkat hembusan angin yang menggerakkan benda-benda di sekitarnya. Udara juga merupakan sumber daya alam yang penting karena menjalankan banyak fungsi bagi makhluk hidup, seperti respirasi pada manusia dan hewan, serta fotosintesis pada tumbuhan. Komposisi udara dapat berubah tergantung ketinggian di atas permukaan tanah. Semakin tinggi Anda dari permukaan tanah, maka massa udara akan semakin berkurang dan semakin tipis. Di troposfer, udara menjadi lebih tipis hingga melewati batas gravitasi bumi, dimana udara menjadi kosong sepenuhnya. (Ibrahim, Boekoesoe, dan Ayini 2021).

Selain itu, udara juga berperan dalam mengatur suhu bumi melalui efek rumah kaca alami. Uap air dan gas rumah kaca lainnya di udara membantu menjaga suhu bumi tetap stabil. Udara juga melindungi bumi dari sinar ultraviolet berbahaya yang berasal dari lapisan ozon di atmosfer.

2.3 Polusi Udara

Pencemaran udara adalah adanya zat atau partikel yang mencemari udara di lingkungan. Polusi udara dapat disebabkan oleh berbagai sumber termasuk industri, transportasi, pembakaran bahan bakar fosil, pembakaran sampah, kegiatan pertanian dan polutan udara alami. Polusi udara dapat menimbulkan dampak yang serius bagi kesehatan manusia. Paparan polusi udara dalam jangka panjang dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan.



Gambar 2.2 Polusi Udara

(Sumber: <https://disway.id>)

Pencemaran udara mencakup berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Polutan udara yang paling umum meliputi: Partikulat (PM): Partikel kecil seperti debu, asap, serbuk sari, dan partikel kimia di udara. Partikel-partikel ini dapat masuk ke paru-paru dan menyebabkan kesulitan bernapas serta masalah kesehatan lainnya. Polutan gas: Contohnya termasuk nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), ozon (O₃) dan polutan organik yang menguap (misalnya benzena). Gas-gas tersebut dapat dihasilkan oleh kendaraan bermotor, industri, pembangkit listrik dan proses pembakaran. Senyawa Kimia Beracun: Zat beracun tertentu seperti merkuri, timbal, kadmium, asbestos, poliklorinasi bifenil (PCB), dan bahan kimia berbahaya lainnya dapat mencemari udara dan menyebabkan konsekuensi kesehatan yang serius jika terhirup atau terpapar dalam jangka panjang. (Rosyidah, 2016).

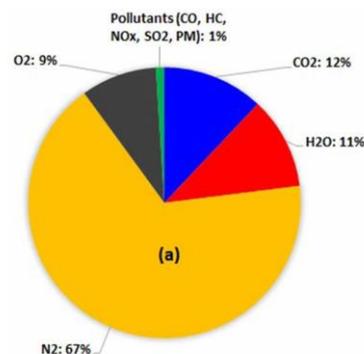
Polusi udara mempunyai dampak yang signifikan, khususnya terhadap kesehatan manusia, lingkungan hidup dan perubahan iklim. Paparan polusi udara dalam jangka panjang dapat menyebabkan masalah pernapasan, penyakit jantung, kerusakan paru-paru, penurunan fungsi kekebalan tubuh, dan bahkan peningkatan risiko kanker. Untuk memerangi polusi udara, diperlukan langkah-langkah untuk mengendalikan dan mengurangi polutan udara, seperti penggunaan teknologi bersih, kebijakan lingkungan yang ketat, penggunaan sumber energi terbarukan, pengendalian emisi kendaraan bermotor, dan upaya individu untuk mengurangi konsumsi energi dan beralih ke energi ramah lingkungan.

2.4 Emisi Gas Buang

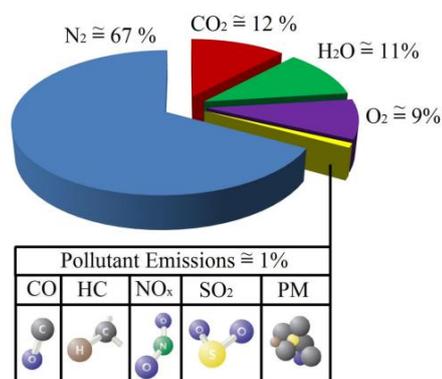
Dalam upaya mendukung perlindungan lingkungan, negara-negara di seluruh dunia mulai menyadari bahwa gas buang kendaraan merupakan salah satu polutan udara terbesar. Oleh karena itu, knalpot kendaraan harus dibuat sebersih mungkin agar tidak mengganggu kualitas udara. Di negara-negara dengan standar emisi yang ketat, lima unsur gas buang diukur, yaitu senyawa HC, CO, CO₂, O₂ dan NO_x. Namun di negara-negara yang standar emisinya tidak terlalu ketat, hanya empat unsur yang diukur, yaitu senyawa HC, CO, CO₂, dan O₂.

2.4.1 Proses Pembakaran dalam Mesin Bakar

Pembakaran menghasilkan beberapa senyawa selain karbon dioksida, air dan energi. Ini termasuk karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC) dan nitrogen oksida (NO_x). Pola pembentukan emisi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.3 Komposisi Hasil Pembakaran Motor Bakar Bensin



Gambar 2.4 Komposisi Hasil Pembakaran Motor Bakar Diesel

2.4.2 Karbon Monoksida

Karbon monoksida (CO) merupakan gas beracun, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa yang cenderung bereaksi dengan unsur lain. CO adalah gas tidak berwarna, tidak berasa atau berbau. Meski tidak merusak paru-paru secara langsung, namun bila terhirup dan masuk ke aliran darah, secara kimiawi akan berikatan dengan hemoglobin dalam sel darah merah membentuk karboksihemoglobin. Pengikatan hemoglobin oleh CO mengganggu kemampuannya untuk mengangkut oksigen ke otak, jantung, dan organ tubuh lainnya, karena CO mengikat hemoglobin 220 kali lebih kuat dibandingkan O₂ (oksigen).

2.4.3 Karbon Dioksida

Konsentrasi CO₂ memberikan informasi langsung tentang keadaan proses pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi semakin baik. Ketika AFR mencapai nilai ideal, emisi CO₂ berfluktuasi antara 12 dan 15%. Jika AFR terlalu miskin atau terlalu kaya, emisi CO₂ akan turun drastis. Jika tingkat CO₂ di bawah 12%, Anda perlu melihat emisi lain yang menunjukkan apakah AFR terlalu kaya atau terlalu kurus.

2.4.4 Nitrogen Oksid

Senyawa NO_x merupakan ikatan kimia antara unsur nitrogen dan oksigen. Dalam kondisi atmosfer normal, nitrogen adalah gas mulia yang sangat stabil dan tidak berikatan dengan unsur lain. Ketika unsur N₂ dan O₂ berada pada suhu 1800°C hingga 2000°C. Pembakaran menghasilkan beberapa senyawa selain karbon dioksida, air dan energi. Ini termasuk karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC) dan nitrogen oksida (NO_x).

2.4.5 Oksigen

Tingginya kadar senyawa NO_x disebabkan oleh konsentrasi oksigen yang tinggi serta suhu ruang bakar yang tinggi. Untuk menghindari peningkatan kadar NO_x, diperlukan pengendalian yang tepat terhadap rasio udara-bahan bakar (AFR), dan suhu ruang bakar harus dijaga agar tetap terkendali. Selain itu, pengaturan AFR yang optimal dapat membantu meminimalkan pembentukan NO_x tanpa mengorbankan efisiensi pembakaran. Penurunan suhu ruang bakar juga bisa dicapai melalui penggunaan pendingin atau modifikasi sistem pembakaran yang lebih efisien.

2.4.6 PM 2.5

Indikator utama kualitas udara adalah jumlah PM_{2.5} di udara. PM_{2.5} berdiameter 2,5 mikrometer atau kurang, kurang dari rata-rata lebar rambut manusia, yaitu sekitar 75 mikrometer. PPM_{2.5} umumnya berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, bahan organik, karet atau plastik. Selain itu, PM_{2.5} juga berasal dari knalpot mobil, knalpot industri, dan kebakaran hutan. Menghirup partikel PM_{2.5} dapat membahayakan kesehatan makhluk hidup. Partikel kecil ini terkadang bisa masuk ke aliran darah. Orang yang sensitif terhadap polusi udara mengalami gejala ketika PM_{2.5} meningkat. Hal ini dapat menyerang anak kecil, orang lanjut usia, wanita hamil, penderita alergi jantung dan paru-paru, bahkan orang lanjut usia.

2.4.7 PM 20

PM₁₀ adalah partikel padat atau cair di udara dengan diameter aerodinamis kurang dari 10 mikrometer. PM₁₀ merupakan parameter yang menunjukkan banyaknya debu yang terkandung di udara. Salah satu faktor yang mempengaruhi kadar PM₁₀ adalah partikel dari knalpot kendaraan. PM₁₀ merupakan salah satu jenis udara yang sangat penting karena dampaknya langsung dirasakan oleh masyarakat. PM₁₀ sangat mungkin mencapai saluran pernafasan

bagian bawah. PM10, lebih tepatnya, adalah partikel yang dapat terhirup dan merupakan indikator kesehatan terbaik. Selain itu, PM10 tidak lebih beracun dibandingkan partikel lebih besar yang mengandung partikel jelaga, garam sulfat, dan partikel nitrat. Oleh karena itu, PM10 adalah yang paling cocok untuk mengukur polusi yang berkaitan dengan kesehatan makhluk hidup.

2.4.8 Hidrokarbon (HC)

Pencemaran udara hidrokarbon (HC) dapat berasal dari HC yang berbentuk gas jika HC nya termasuk kategori rendah atau berbentuk cair jika HC nya termasuk kategori sedang, dan dapat juga timbul dari padatan jika HCsnya termasuk kategori sedang. kategori tinggi. Jika HC berbentuk gas, ia akan tercampur dengan polutan lainnya. Ketika HC berbentuk cair, HC membentuk kabut minyak (droplet) yang keberadaannya di udara sangat berbahaya bagi lingkungan. Namun jika polutan HC berbentuk padat maka udara akan terlihat seperti asap hitam. Polusi udara HC seringkali merupakan kombinasi dari ketiga bentuk HC tersebut.

Keberadaan hidrokarbon di atmosfer, khususnya metana, berasal dari sumber alami, termasuk proses biologis, meskipun sejumlah kecil juga dapat timbul dari aktivitas panas bumi seperti gas alam dan sumur minyak, kebakaran alam, dll. Jumlah terbesar timbul dari penguraian hidrokarbon bahan organik di permukaan tanah. Konsentrasi hidrokarbon di udara pedesaan sekitar 1,0 hingga 1,5 ppm metana, dan kurang dari 1,00 ppm berasal dari sumber lain. Sebagian besar hidrokarbon yang dihasilkan manusia berasal dari transportasi, sedangkan sumber lainnya meliputi pembakaran gas, minyak, arang dan kayu, proses industri, pembuangan limbah, kebakaran hutan dan ladang, penguapan pelarut organik, dan lain sebagainya.

2.5 Filter Udara

Filter udara merupakan bagian dari mesin kendaraan roda empat atau dua dan sudah ada sejak kendaraan pertama kali diciptakan. Filter udara memegang peranan penting pada kendaraan. Fungsi filter udara adalah untuk mencegah masuknya udara kotor ke dalam ruang bakar. Saat ini filter udara biasanya terbuat dari semacam kertas/kasa khusus untuk mencegah masuknya kotoran bersama udara. Filter udara ini justru membantu menjaga ruang bakar tetap bersih dan memastikan pembakaran sempurna untuk menjaga performa puncak mesin (Wajilan, 2023).



Gambar 2.5 Filter Udara

(Sumber: <https://suzuki.com>)

Filter udara bisa diaplikasikan juga pada perangkat pengurang polutan exhaust kendaraan bermotor. Fungsinya adalah menangkap partikel debu, jelaga, dan polutan lain yang dihasilkan dari proses pembakaran sebelum gas buang dilepaskan ke udara. Filter udara ini memastikan bahwa partikel-partikel berbahaya yang dihasilkan dari mesin kendaraan tidak mencemari lingkungan. Dengan demikian, filter ini berperan penting dalam mengurangi emisi gas buang yang berbahaya dan menjaga kualitas udara. Penggunaan filter udara di dalam sistem exhaust membantu menurunkan kadar polutan yang biasanya sulit dikendalikan tanpa teknologi filtrasi yang efektif.

2.6 Glasswool

Glasswool adalah bahan isolasi yang terbuat dari serat kaca halus yang diproses melalui pemanasan hingga meleleh, kemudian ditarik menjadi serat ringan dengan struktur berongga. Struktur ini memungkinkan glasswool

menjadi material yang efektif dalam menyerap suara dan menghambat perpindahan panas, menjadikannya pilihan utama untuk isolasi termal dan akustik di berbagai bidang, termasuk konstruksi bangunan, manufaktur, dan otomotif. Kemampuannya dalam menahan panas membuat glasswool sering digunakan untuk melapisi dinding, atap, dan saluran ventilasi, membantu mengurangi suhu di dalam ruangan (Pratiwi, Fahmi, dan Saputra 2019).



Gambar 2.6 *Glasswool*

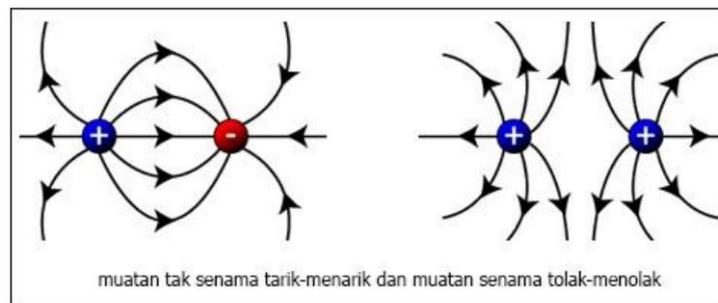
Glasswool, dengan serat kaca halus, digunakan sebagai material penyaring dalam sistem polutan filter pada exhaust kendaraan bermotor. Struktur serat berongga glasswool memungkinkan material ini untuk menangkap partikel polutan yang lebih kecil, seperti jelaga, karbon, dan senyawa berbahaya lainnya, yang dihasilkan dari proses pembakaran kendaraan. Dengan memasang glasswool di sistem exhaust, kualitas udara yang dihasilkan menjadi lebih bersih karena polutan berbahaya dapat tersaring sebelum dilepaskan ke lingkungan. Namun, untuk memaksimalkan efektivitas glasswool dalam sistem filtrasi, perlu adanya pelapis atau kombinasi material lain untuk menghindari pelepasan serat halus ke udara, terutama dalam aplikasi jangka panjang.

Filter udara dan glasswool saling melengkapi dalam sistem polutan filter pada exhaust kendaraan bermotor. Filter udara menangkap partikel yang lebih besar dari hasil pembakaran, sementara glasswool efektif dalam menyaring partikel halus yang masih tersisa di gas buang. Kombinasi dari kedua teknologi ini menghasilkan sistem penyaringan polutan yang lebih menyeluruh dan efisien, sehingga emisi gas buang dari kendaraan bermotor dapat diminimalkan. Dengan teknologi ini, kendaraan bermotor dapat

beroperasi dengan dampak lingkungan yang lebih kecil, menjaga kualitas udara dan mengurangi polusi udara secara signifikan.

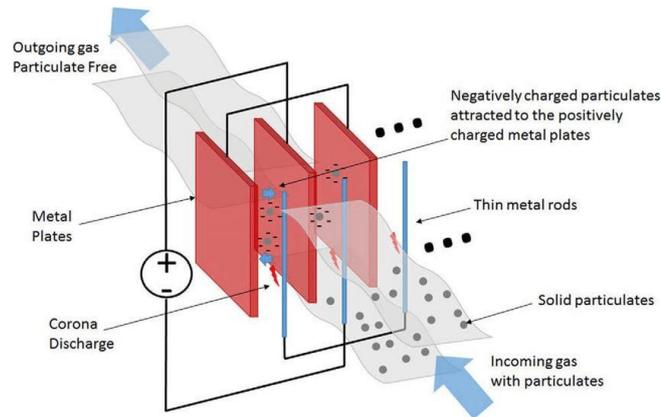
2.7 *Electrostatic Precipitator (ESP)*

Listrik statis disebabkan oleh benda-benda yang saling bergesekan. Konsep muatan listrik, medan listrik, aliran listrik, potensial listrik, hukum *Gauss* dan hukum *Coulomb* menjadi dasar elektrostatis. Ide paling mendasar dalam elektrostatis adalah adanya muatan listrik. Muatan listrik adalah molekul kunci yang menyusun suatu benda, dan terdapat pada suatu benda dimanapun ia berada. Muatan listrik positif dan muatan listrik negatif adalah dua jenis muatan listrik. Muatan listrik dilambangkan dengan “q” dan satuan muatan listrik adalah coulomb, yaitu “C”. Gaya elektrostatis juga dikenal sebagai gaya Coulomb dan tercipta ketika dua muatan listrik disatukan dalam jarak tertentu. “Besarnya gaya tarik-menarik atau tolak-menolak antara dua benda bermuatan listrik berbanding lurus dengan besar muatan pada masing-masing benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak kedua benda tersebut,” demikianlah hukum *Coulomb* menjelaskan gaya elektrostatis (Rofandi dan Irwanto, 2022).



Gambar 2.7 Prinsip Kerja Elektrostatis

Electrostatic Precipitator (ESP), juga dikenal sebagai *scrubber* kering, adalah jenis filter yang menggunakan lis



Gambar 2.8 Electrostatic Precipitator

Teknologi ESP ini menggunakan prinsip muatan listrik untuk menangkap abu hasil proses pembakaran. ESP bekerja dengan menerapkan muatan negatif ke abu-abu melalui beberapa elektroda yang disebut elektroda pelepasan. Abu secara alami tertarik ke pelat saat diangkut lebih jauh ke dalam kolom pelat bermuatan positif (elektroda pengumpul).

Baik filter udara maupun *Electrostatic Precipitator* (ESP) memiliki peran saling melengkapi dalam sistem kendaraan bermotor terkait pengendalian emisi polutan. Filter udara berfungsi di awal proses pembakaran dengan menyaring udara yang masuk ke ruang bakar, mencegah debu dan partikel asing masuk dan mengganggu efisiensi pembakaran. Udara yang lebih bersih membantu menciptakan proses pembakaran yang lebih sempurna, mengurangi emisi gas buang yang berbahaya.

Baik filter udara pada polutan filter di *exhaust* maupun *Electrostatic Precipitator* (ESP) memiliki peran saling melengkapi dalam pengendalian emisi polutan pada kendaraan bermotor. Filter udara berfungsi untuk menyaring partikel polutan yang dihasilkan dari pembakaran kendaraan sebelum gas buang dilepaskan ke udara. Filter ini menangkap debu, jelaga, dan partikel lainnya yang bisa mencemari lingkungan, sehingga gas buang yang keluar lebih bersih dan memiliki emisi yang lebih rendah.

Di sisi lain, *Electrostatic Precipitator* (ESP) bekerja setelah proses pembakaran, menangkap partikel halus dan abu yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna. ESP menggunakan prinsip elektrostatis untuk

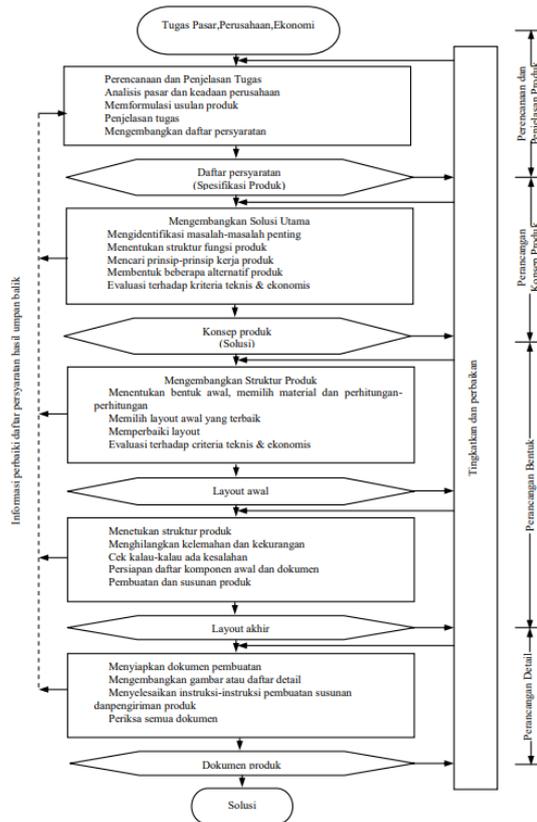
menarik partikel-partikel ini ke pelat bermuatan positif, mencegah polutan tersebut terlepas ke udara melalui knalpot kendaraan. Sementara filter udara pada exhaust memastikan kebersihan gas buang sejak awal, ESP berperan dalam menangkap partikel halus yang tersisa setelah pembakaran.

Kombinasi filter udara dan ESP menghasilkan sistem pengendalian emisi yang lebih efektif, dengan filter udara menyaring polutan yang lebih besar dan ESP menangkap partikel halus yang masih ada setelah pembakaran. Kedua teknologi ini bekerja bersama untuk meminimalkan dampak negatif kendaraan bermotor terhadap kualitas udara, mendukung pengurangan polusi udara yang lebih baik di sektor otomotif.

2.8 Metode Perancangan Pahl and Beitz

Dalam pedoman VDI 2221 dan 2222 dijelaskan proses perancangan secara umum, khusus dan rinci, dengan fokus pada bidang teknik mesin. Isi panduan pada hakikatnya terdiri atas sistem teknis dasar, prosedur sistematis dasar, dan proses pemecahan masalah secara umum. Tujuannya agar dapat menggunakan pernyataan umum sebagai persyaratan proses desain, yang mencakup proses dan pengambilan keputusan di tempat kerja (Pahl dan Beitz, 2007).

Secara umum proses perencanaan dan desain terdiri dari beberapa langkah: dimulai dengan perencanaan dan pendefinisian apa yang ingin dicapai dan diakhiri dengan identifikasi fitur berdasarkan kebutuhan. Semua solusi kemudian dirinci secara rinci sesuai dengan prinsip fungsional dan kemudian dibangun secara modular. Langkah terakhir adalah mendokumentasikan produk yang diproduksi. Berikut ini adalah flowchart proses perencanaan dan perancangan, yaitu:



Gambar 2.9 Diagram Alir Metode Perancangan Pahl & Beitz
(Pahl & Beitz, 2007)

Setiap fase diakhiri dengan hasil dari fase tersebut. Misalnya, pada tahap pertama, daftar persyaratan dan spesifikasi desain dibuat. Kemudian fase selanjutnya menjadi umpan balik untuk fase sebelumnya. Beberapa fase yang dimaksud adalah:

1. *Planning and Task Clarification*

Pekerjaan pengembangan produk ditugaskan oleh departemen pemasaran ke departemen teknik atau perencanaan produk. Sebelum pengembangan produk berbasis kebutuhan dimulai, diperlukan klarifikasi pekerjaan yang lebih rinci dengan tujuan memperoleh informasi penting seperti persyaratan khusus produk, keterbatasan produk yang bermasalah serta fungsi dan makna produk. Produk. Karena dari informasi tersebut Anda dapat mengetahui proses perancangan dan langkah-langkah pekerjaan yang dilakukan untuk menghasilkan produk sesuai spesifikasi.

2. *Conceptual Design*

Pada awal tahap desain, hal ini dilakukan untuk menentukan solusi dasar. Tujuannya agar kita dapat menyeleksi pokok permasalahan, kemudian membuat struktur kerja, kemudian mendapatkan prinsip dasar kerja, dan terakhir menghubungkan prinsip dan struktur kerja tersebut. Spesifikasi ini mencakup beberapa tugas yaitu pemilihan bahan, pembuatan sketsa dengan dimensi abstrak dan pertimbangan tingkat kelayakan teknis. Hal ini memungkinkan seorang desainer untuk mengevaluasi beberapa aspek kunci dari solusi yang ada dan kemudian meninjau tujuan dan batasan masalah secara umum.

3. *Embodiment Design*

Pada fase ini seorang desainer mulai membuat sebuah konsep seperti yang telah dijelaskan pada poin sebelumnya. Draf yang akan dibuat dapat menjadi acuan spesifikasi awal. Ada banyak kasus di mana spesifikasi asli diperlukan untuk membuat desain dan kemudian diskalakan secara individual atau bersamaan untuk mencapai kelebihan dan kekurangan variasi yang berbeda. Setelah konsep desain selesai dan dianggap matang, kriteria teknis dan ekonomi dievaluasi. Hal ini memberi desainer lebih banyak kebebasan untuk memeriksa fungsi, kekuatan, dan kompatibilitas spasial desain. Selain itu, kelayakan finansial proyek juga harus diperiksa agar perencana dapat menyesuaikan detail perencanaannya.

4. *Detail Design*

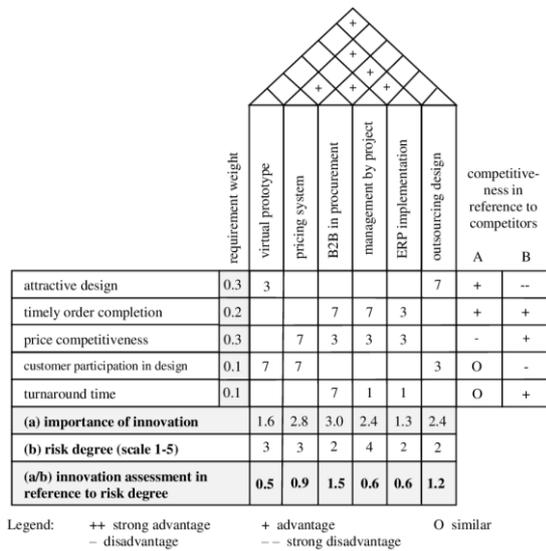
Pada tahap ini, semua proses desain seperti bentuk, dimensi, produk akhir, dan detail bagian harus diselesaikan. Selain itu, rincian perencanaan seperti bahan yang dipilih, waktu dan kapasitas produksi, anggaran biaya dan dokumentasi proses produksi juga perlu diselesaikan. Setelah semua ini selesai, kita perlu membuat dokumen produksi yang mencakup perencanaan rinci, spesifikasi lengkap, dan data terkait produk. Untuk mengurangi tingkat kesalahan dan dengan demikian meningkatkan kemajuan pekerjaan dan mengurangi biaya tambahan, pemantauan harus dilakukan di seluruh proses desain hingga produksi.

5. *Overall Design Process*

Pada penjelasan sebelumnya telah dilakukan proses desain secara detail dan menjadi dasar proses sebenarnya. Hal ini terjadi dalam banyak kasus ketika seseorang ingin mengembangkan suatu produk yang sudah dalam tahap desain, terutama ketika harus memperjelas masalah presisi mendasar di bidang mekanika, elektronik, dan produksi massal. Dalam produksi massal, Anda biasanya perlu membuat prototipe dan mencoba langkah-langkah praproduksi jauh sebelum produksi dimulai, dengan tujuan agar hasilnya sesuai atau mendekati produksi sebenarnya. Keuntungan dari tahap pra produksi ini adalah produk dapat dijual kembali jika tidak ada cacat atau kesalahan pada produk.

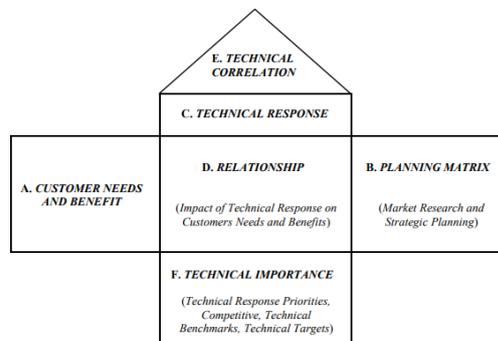
2.9 *Quality Function Development (QFD)*

Quality Function Deployment atau QFD adalah suatu teknik atau metode yang dapat digunakan dalam manajemen mutu dan desain produk untuk menghubungkan kebutuhan dan harapan pelanggan dengan karakteristik desain produk atau jasa yang dibuat. Tujuan utama metode QFD ini adalah untuk memastikan bahwa kebutuhan dan keinginan konsumen dapat dimasukkan ke dalam proses pengembangan produk. Selain itu juga untuk menghindari kegagalan pasar, mempercepat proses pengembangan produk dan meningkatkan efisiensi. Oleh karena itu, QFD secara sistematis menerjemahkan “suara pelanggan” ke dalam persyaratan teknis dan operasional dan kemudian mendokumentasikan dan menguraikan terjemahannya dalam bentuk matriks, yang biasa disebut dengan *House of Quality* (Akao, 2004).



Gambar 2.10 *House of Quality*

Disebut "*House of Quality*" karena matriks korelasinya memiliki bentuk seperti atap rumah yang terletak di bagian utama matriks. *House of Quality* adalah matriks pertama dalam fase *Quality Function Deployment (QFD)* dan terdiri dari enam komponen utama yaitu sebagai berikut:



Gambar 2.11 Bagian Utama Pada *House of Quality*

1. Bagian A berisikan *customer needs and benefit*, yang biasanya diperoleh melalui penelitian pasar kualitatif, seperti mengumpulkan pendapat konsumen melalui wawancara, lalu mengelompokkan serta menyusun semua kebutuhan tersebut.
2. Bagian B berisikan *planning matrix*, yang terdiri dari *market research*, *strategic planning* serta membuat sebuah perhitungan peringkat berdasarkan keinginan dan kebutuhan konsumen.

3. Bagian C berisikan *technical response*, yang menggambarkan rencana atau strategi teknis perusahaan dalam memenuhi kebutuhan pelanggan, termasuk spesifikasi teknis, fungsi produk, subsistem produk, serta langkah-langkah proses.
4. Bagian D berisikan *relationship*, merupakan evaluasi tim pengembang mengenai kekuatan keterkaitan antara setiap elemen dalam respons teknis dan setiap keinginan serta kebutuhan pelanggan.
5. Bagian E berisikan *technical corelation*, biasanya merupakan perkembangan taksiran tim dari suatu hubungan antara implementasi antara elemen-elemen yang ada dengan *technical response* dan hubungan tersebut dapat digambarkan dalam simbol.
6. Bagian F berisikan *technical importance*, didalamnya terdapat tiga jenis informasi seperti peringkat yang telah dibuat berdasarkan peringkat keinginan dan kebutuhan konsumen dari bagian B dan bagian D, informasi perbandingan *technical performance* serta target atau standar dari *technical response*.

2.10 Tegangan Von Misses

Tegangan Von Mises merupakan tegangan yang menyebabkan suatu material patah apabila mendapat tegangan triaksial yang menghasilkan energi deformasi. Kegagalan terjadi ketika energi regangan dari tegangan triaksial sama dengan energi regangan dari uji tarik standar material ketika regangan terjadi. Kriteria Von Mises sering digunakan dalam desain struktur teknik seperti komponen mesin, jembatan, dan pesawat terbang untuk memastikan bahwa material tidak luluh atau rusak akibat beban kerja yang ditanggungnya. Tegangan maksimum (von mise) adalah intensitas gaya yang bekerja pada setiap satuan luas material.

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{2}[\sigma_1 - \sigma_2]^2 + [\sigma_2 - \sigma_3]^2 + [\sigma_3 - \sigma_1]^2}$$

σ_v = Tegangan Von Mises

$\sigma_1 \sigma_2 \sigma_3$ = Tegangan utama (*principal stresses*) pada tiga arah yang saling tegak lurus.

Tegangan Von Mises terjadi ketika suatu material diberi tegangan oleh suatu gaya yang bekerja padanya, sehingga menimbulkan keadaan tegangan di dalam material tersebut. Ketika gaya yang diterima bersifat multiaksial (bukan hanya satu arah), tegangan yang terjadi pada setiap sumbu saling mempengaruhi, sehingga menciptakan keadaan tegangan yang lebih kompleks daripada tegangan tarik uniaksial sederhana. Von Mises memperkirakan kegagalan material dalam situasi ini dengan mempertimbangkan energi deformasi yang ditimbulkan oleh kombinasi tegangan dari arah yang berbeda. Jika tegangan ekuivalen yang dihitung berdasarkan kriteria Von Mises melebihi kekuatan luluh material, maka material tersebut dianggap telah leleh atau mengalami deformasi plastis, yang dapat mengakibatkan kegagalan atau kerusakan. (Pratama, 2024).