

Optimasi Desain Sistem Filtrasi BBM Bio Solar dengan Menggunakan Metode *Pahl and Beitz*

Yani Kurniawan^{1,*}, Kristian Adi Putra², Bambang Sulaksono¹, Erlanda Augupta Pane¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

*Email Corresponding Author: yani.kurniawan@univpancasila.ac.id

ABSTRAK

Transportasi merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat. Hal ini dikarenakan dengan transportasi manusia dan barang dapat berpindah dari tempat satu ke tempat yang lain dengan jumlah yang banyak. Moda transportasi kereta api dikelola oleh PT Kereta Api Indonesia (PT. KAI). Kereta api untuk beroperasi memerlukan bahan bakar B30 sebagai sumber tenaga. Penelitian ini akan membuat perancangan konsep alat filtrasi BBM B30. Dimana alat filtrasi BBM B30 ini akan digunakan untuk menjaga kualitas BBM B30 yang disalurkan dari tangki timbun ke lokomotif. Bahan bakar minyak B30 adalah jenis minyak solar dengan campuran biodiesel 30% (B30) yang ditetapkan dalam SK Dirjen Migas No.146.K/10/DJM/2020. Bahan bakar B30 mengandung banyaknya Fatty Acid Menthyl Ester (FAME) yang menyebabkan banyaknya penggantian elemen filter ROT. Metode yang digunakan dalam perancangan alat filtrasi BBM B30 adalah metode *Pahl and Beitz* dan melakukan analisis kekuatan kerangka menggunakan Computer Aided Engineering (CAE) dengan tujuan memvalidasi struktur kerangka untuk menerima beban dari seluruh komponen alat filtrasi BBM B30 sebesar 100 kg. Metode eksperimen perencanaan perancangan menggunakan ukuran panjang 1500 mm, lebar 800 mm, dan tinggi 750 mm. Dalam perancangan menunjukkan bahwa alat filtrasi BBM B30 mampu memfiltrasi tangki timbun berkapasitas 29.000 liter dengan waktu ± 9 jam dengan kapasitas pompa 50 liter/menit dan filtrasi (Out - In) untuk penggunaan elemen filter didapatkan nilai efisiensi yang cukup signifikan sebesar 23,8 %. Telah dilakukan Uji Cleanliness hasil filtrasi dari alat filtrasi BBM B30 di laboratorium Badan Layanan Umum Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi (LEMIGAS) sesuai ISO 4406 di dapat hasil code 18/16/13 yang dimana tidak melebihi code dari standart Diesel Engine dapat disimpulkan sesuai dengan kebutuhan yang diharapkan atau sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

Kata kunci: BBM B30, Alat filtrasi, Metode *Pahl and Beitz*, Computer Aided Engineering (CAE).

ABSTRACT

Transportation is very important for people's lives. This is because people and goods can move from one place to another in large quantities. The mode of rail transportation is managed by PT Kereta Api Indonesia (PT. KAI). Trains to operate require B30 fuel as a power source. This research will design the concept of a B30 fuel filter tool. Where the B30 fuel filter will be used to maintain the quality of B30 fuel that is distributed from the storage tank to the locomotive. B30 fuel oil is a type of diesel oil with a 30% biodiesel mixture (B30) stipulated in the Decree of the Director General of Oil and Gas No.146.K/10/DJM/2020. B30 fuel contains a lot of Fatty Acid Menthyl Ester (FAME) which causes many ROT filter element replacements. The method used in the design of the BBM B30 filter tool is the *Pahl and Beitz* method and performs a strength analysis of the frame using Computer Aided Engineering (CAE) with the aim of validating the frame structure to accept the load of all components of the BBM B30 filter tool of 100 kg. The design planning experiment method uses a length of 1500 mm, a width of 800 mm and a height of 750 mm. The design shows that the BBM B30 filter tool is capable of filtering a storage tank with a capacity of 29,000 liters within ± 9 hours with a pump capacity of 50 liters/minute and filtration (Out - In) for the use of filter elements to obtain a significant efficiency value of 23.8%. The cleanliness test of the filter results from the BBM B30 filter has been carried out in the laboratory of the Public Service Agency, the Oil and Gas Testing Center (LEMIGAS) according to ISO 4406, the result is code 18/16/13 which does not exceed the code from the Diesel Engine standard, it can be concluded accordance with the expected requirements or in accordance with the specified specifications.

Keywords: BBM B30, Alat filtrasi, Metode *Pahl and Beitz*, Computer Aided Engineering (CAE).

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat. Hal ini dikarenakan dengan transportasi manusia dan barang dapat berpindah dari tempat satu ke tempat yang lain dengan jumlah yang banyak. Salah satu transportasi masal yang memiliki kapasitas besar adalah kereta api. Moda transportasi kereta api dikelola oleh PT Kereta Api Indonesia (PT. KAI). Kereta api untuk beroperasi memerlukan bahan bakar B30 sebagai sumber tenaga. Bahan bakar kereta api ditunjang oleh PT Kereta Api Indonesia bekerja sama dengan PT. PP dan PT. PPN. PT. PPN sebagai SH C&T (Subholding Commercial & Trading) yang bertugas menjalankan kegiatan pemasok BBM B30 di PT Kereta Api Indonesia dengan sistem VHS (Vendor Held Stock). Dalam mensupport kegiatan tersebut PT. PPN bekerja sama dengan PT. PEI. PT. PEI bertugas mengadakan Sarana dan Prasarana mulai dari proses Unloading BBM ke Tangki Timbun sampai proses Loading BBM ke Tangki Lokomotif.

Meningkatnya kouta BBM B30 yang digunakan sejak tahun 2020 sebesar 173,2 Juta Liter [1], 2021 sebesar 240 Juta Liter [2], dan 2022 sebesar 323,3 Juta Liter [3]. Untuk menjaga kualitas BBM B30 yang disalurkan dari tangki timbun ke lokomotif memerlukan sistem instalasi yang terdiri dari pompa, flow meter, dan filter ROT (Reverse Osmosis Tank). Filter ROT terdiri dari 2 jenis filter yaitu 14 & 24 pcs elemen filter. Filter ROT saat ini terinstal di 47 lokasi dipo lokomotif PT Kereta Api Indonesia pada pipa Output Flow Meter. Bahan bakar B30 mengandung banyaknya FAME (Fatty Acid Menthyl Ester) yang menyebabkan penggantian elemen filter ROT dilakukan secara perperiodik mengacu pada bersarnya Difrensial Pressure (selisih tekanan antara Input dan Output sebesar 1 Bar).

Namun dalam pelaksanaannya masih terdapat kelemahan berupa banyaknya penggunaan filter yang dirasa masih sangat tinggi [4]. Hal ini dikarenakan masih kurang efektifnya dalam penggunaan filter ROT. Filter ROT menjadi tidak efektif dikarenakan bahan bakar B30 yang tertimbun di dalam tangki itu mudah mengendap sehingga banyaknya partikel kotoran berbentuk gumpalan-gumpalan membuat kinerja filter ROT menjadi berat. Untuk meringankan kinerja filter ROT diperlukan alat filtrasi BBM B30 di dalam area tangki timbun.

Penggunaan alat filtrasi BBM B30 yang ada masih kurang efisien. Alat filtrasi yang ada penggunaannya menguras waktu cukup lama ± 19 jam untuk mensirkulasi tangki timbun kapasitas

29.000 liter. Oleh karena itu diperlukan optimasi alat filtrasi BBM B30.

Metode perancangan telah banyak digunakan dalam optimasi suatu produk, diantaranya metode French, Pahl and Beitz, Ulman, VDI (Veren Deutcher Ingenieure), Ulrich dan Eppinger dan Metode Ibrahim Zeid. Kurniawan telah menggunakan metode Ulrich dan Eppinger untuk merancang alat uji ketidakseimbangan gearbox terhadap roda kereta listrik seri 800 & 850 [5]. Hasil penelitian menunjukkan dari ketiga varian tersebut terpilih varian terbaik yaitu varian no 1 dengan menggunakan penggerak menggunakan motor listrik, kerangka menggunakan besi kanal C. Pendeteksi ketidakseimbangan dengan sensor inframerah dan memakai indikator alarm untuk menandai terjadinya ketidakseimbangan pada gearbox. Dimensi alat uji ketidakseimbangan gearbox adalah 1994 mm x 1260 mm x 1454 mm. Kerangka alat mampu menerima beban 1500 kg dengan besarnya hasil perhitungan kekuatan rangka besarnya beban momen maksimum adalah 3600000 Nmm, dan Tegangan Geser adalah 51,76 Mpa, sedangkan Von Misses tegangan maksimum adalah 56,89 MPa. Motor yang digunakan Model K160M-4 3 phase, mempunyai spesifikasi kuat arus 22,5 ampere, putaran 1460 rpm, tegangan 380 V, daya listrik 11 KW, efisiensi 88,4%.

Arifiansah dkk., menggunakan optimasi perancangan produk berdasarkan metode Pahl & W. Beitz serta metode manufaktur menggunakan DFMA setelah melalui 4 (empat) langkah utama didapatkan varian 2 adalah yang terbaik [6]. Baik dari sisi teknis maupun sisi ekonomis. Pemilihan material tetap mempertahankan material yang ada sebelumnya yaitu besi siku 30x30x3 untuk rangka namun mengalami optmasi pada jumlah tulangan rangka dari sebelumnya 11 (sebelas) menjadi 9 (sembilan) tulangan. Nufus dkk, melakukan kajian kualitas pembakaran terhadap penggunaan filter BBM pada mesin diesel [7]. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang diperoleh, maka dapat disimpulkan filter BBM terbaik adalah filter BBM 1, yaitu filter dengan berdiameter inti sebesar 2 dim pada putaran tinggi 1700 revolutions per minute (RPM) dan bukaan katup dibuat konstan sebesar 40% bisa menghemat bahan bakar sampai 33%. Pengujian dilakukan dengan membuat putaran konstan sebesar 1500 RPM dan bukaan katup sebesar 60% alat yang terbaik juga pada filter 1 menghemat bahan bakar mencapai 36%, sehingga dari beberapa pengujian menunjukkan semakin besar beban yang diberikan dan semakin besar putaran mesin maka terjadi perbedaan yang signifikan antara mesin standar dibandingkan dengan mesin diesel yang menggunakan filter. Penelitian ini bertujuan mengoptimasi alat filtrasi

BBM B30 dengan merancang ulang alat filtrasi BBM B30 menggunakan metode Phal and Beitz.

METODE PENELITIAN

Perancangan filtrasi BBM B30 dilakukan dengan lima tahapan proses, yaitu Perancangan dan penjelasan produk, perancangan konsep produk, perancangan bentuk, perancangan detail, dan analisis kekuatan kerangka.

Perancangan dan penjelasan produk dimulai dengan perencanaan dan penjelasan tugas dari alat filtrasi BBM B30. Langkah selanjutnya melakukan analisis pasar dan keadaan perusahaan yang menggunakan alat filtrasi BBM B30. Selanjutnya memformulasi usulan produk dan penjelasan tugas dengan mengembangkan daftar persyaratan. Luaran kegiatan dari perencanaan dan penjelasan produk berupa daftar persyaratan spesifikasi produk.

Perancangan konsep produk dimulai dengan mengembangkan solusi utama yang terdiri dari mengidentifikasi masalah-masalah penting yang ada pada alat filtrasi BBM B30, menentukan struktur fungsi produk alat filtrasi BBM B30, mencari prinsip-prinsip kerja produk alat filtrasi BBM B30, membentuk beberapa alternatif produk alat filtrasi BBM B30 dan terakhir melakukan evaluasi terhadap kriteria teknis dan ekonomis alat filtrasi BBM B30. Luaran dari perancangan konsep produk berupa konsep produk alat filtrasi BBM B30 yang memberikan solusi.

Perancangan bentuk dimulai dengan mengembangkan struktur produk, menentukan bentuk awal, memilih material dan perhitungan-perhitungan, memilih layout awal yang terbaik, memperbaiki layout, evaluasi terhadap kriteria teknis dan ekonomis alat filtrasi BBM B30. Luaran kegiatan perancangan bentuk berupa sebuah layout awal alat filtrasi BBM B30. Selanjutnya menentukan struktur produk dengan menghilangkan kelemahan dan kekurangan, pengecekan jika ada kesalahan, persiapan daftar komponen awal dan dokumen, pembuatan dan susunan produk, Luaran pada perancangan detail berupa Layout akhir alat filtrasi BBM B30.

Perancangan detail dimulai dengan menyiapkan dokumen pembuatan, mengembangkan gambar atau daftar detail, menyelesaikan instruksi-instruksi pembuatan susunan dan pengiriman produk alat filtrasi BBM B30. Luaran dari perencanaan detail berupa dokumen produk alat filtrasi BBM B30.

Analisis kekuatan kerangka menggunakan CAE dilakukan menggunakan CAE (Computer Aided Engineering) dengan tujuan memvalidasi struktur kerangka untuk menerima beban dari seluruh komponen alat filtrasi BBM B30.

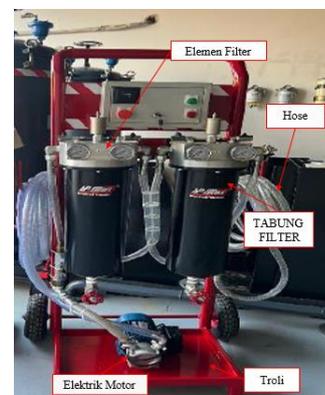
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan dan Penjelasan Produk

Hasil dari analisis pasar menunjukkan alat filtrasi BBM B30 sejauh ini terkategori alat khusus dalam hal penggunaannya hanya ada pada perusahaan tertentu. Biaya manufaktur alat filtrasi BBM B30 mulai dari spare part utama filter sampai ke konsep dari alat tersebut dinilai terbilang mahal. Prinsip kerja alat ini adalah alat filter BBM B30 dengan jumlah tabung elemen filter sebanyak 2 (dua) yang diletakkan di atas troli dengan pengaturan lebar yang disesuaikan (adjustable) dengan banyaknya komponen.

Formulasi ide produk alat filtrasi BBM B30 merupakan suatu penawaran produk (Value Proposition) dari perancang yang akan ditawarkan pada sasaran pelanggan (Customer Segment) yaitu PT. XYZ. Untuk mendukung memformulasikan ide produk maka dilakukan survei lapangan dengan cara melakukan pendataan, dokumentasi dan menggambar bentuk dari alat filtrasi BBM B30. Menggambar bentuk adalah suatu kegiatan memindahkan obyek model yang dilihat langsung ke atas bidang gambar dengan lebih mengutamakan kemiripan terhadap model tersebut [7].

Setelah didapat data lapangan, dokumentasi dan gambar maka dilakukan breakdown atas sistem perakitan alat filtrasi BBM B30 yang ada untuk mengetahui penjelasan tugas dari alat filtrasi BBM B30, dimana alat filtrasi BBM B30 memiliki sebuah konsep pemfilteran diawali dari inner elemen filter yang diakhiri pada outer elemen filter, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Alat Filtrasi BBM B30

Dari beberapa kajian dan analisis yang dilakukan pada fase perencanaan proyek dan penjelasan tugas, dapat disimpulkan hasil dari tahap ini adalah berupa tabel daftar kebutuhan persyaratan seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Daftar Kebutuhan Persyaratan Alat Filtrasi BBM B30

No.	Tuntutan Perancangan	Persyaratan	Tingkat Kebutuhan
1	Energi	a. Menggunakan tenaga motor.	D
		b. Dapat diganti dengan penggerak lain	W
2	Kinematik	a. Arah putaran bolak balik.	D
		b. Mekanismenya mudah beroperasi.	D
		c. Menggunakan sisem transmisi untuk dapat keuntungan mekanis.	W
3	Material	a. Mudah didapat dan murah harganya.	D
		b. Mempunyai sifat mekanis yang baik.	D
		c. Sesuai standart umum	D
		d. Umur pemakaian yang panjang.	D
		e. Baik mutunya.	W
4	Geometri	a. Panjang 1000 mm.	D
		b. Lebar 600 mm.	D
		c. Tinggi 750 mm.	D
5	Ergonomi	a. Sesuai dengan kebutuhan.	D
		b. Mudah dioperasikan	D
6	Keselamatan	a. Konstruksi harus kokoh.	D
		b. Bagian yang berbahaya ditutup.	D
		c. Tidak menimbulkan pencemaran.	W
7	Produksi	a. Dapat diproduksi bengkel kecil.	D
		b. Filtermurah dan mudah didapat	D
		c. Biaya produksi relatif murah.	W
8	Perawatan	a. Biaya perawatan murah.	D
		b. Perawatan mudah dilakukan.	D
		c. Perawatan secara berkala.	W
9	Transportasi	a. Mudah dipindahkan.	D
		b. Tidak perlu alat khusus untuk dipindahkan.	D
		c. Mudah dipacking.	D

Keterangan:

- Keharusan (Demands) disingkat D, yaitu syarat mutlak yang harus dimiliki alat filtrasi BBM B30. Jika tidak terpenuhi maka alat tersebut tidak diterima.
- Keinginan (Wishes) disingkat W, yaitu syarat yang masih bisa dipertimbangkan keberadaannya agar jika nantinya dapat dimiliki oleh alat yang dibuat.

Perancangan Konsep Produk

Setelah mendapatkan persyaratan dari keharusan (Demands) dan keinginan (wishes), Berikutnya perancang membuat penentuan spesifikasi, struktur fungsi, kedalam diagram - diagram yang menunjukkan hubungan antara input dan output yang berupa aliran energi, material, sinyal. Pertama dibuat blok fungsi untuk menjelaskan input awal dari energi, material dan sinyal menjadi keluaran yang berbeda.

Identifikasi kebutuhan masalah penting perancangan dari alat filtrasi BBM B30 ini

merupakan kegiatan pengumpulan data dilapangan atupun informasi yang di perlukan untuk mengetahui dan mendapatkan kebutuhan dan keinginan perusahaan PT XYZ seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Kuesioner Perancangan Alat Filtrasi BBM B30



KUESIONER PERANCANGAN

ALAT FILTRASI BBM B30

Saya, Kristian Adi Putra karyawan PT Post Energy Indonesia mengumpulkan data tentang perancangan alat filtrasi BBM B30 untuk kebutuhan perusahaan. Dengan penuh hormat, saya meminta bantuan anda untuk mengisi pertanyaan dibawah ini. Atas bantuannya saya ucapkan terimakasih.

Nama : Tri Winanto

Jabatan : Supervisor Area Daop 1,2 dan 3.

Lokasi Kerja : Jakarta

Apakah alat filtrasi BBM B30 penting peranannya bagi perusahaan?

Jawab: Ya, sangat penting sekali dalam kebutuhan operasional

Dalam waktu satu hari, berapa jam alat filtrasi BBM B30 digunakan?

Jawab: Tergantung pada besar kapasitas, untuk lokasi yang saya pegang bahkan bisa 12 hari kerja mengingat dipo lok bandung 159.000 liter 2 unit

Apakah anda tertarik alat filtrasi BBM B30 mudah dipindahkan?

Jawab: Sangat perlu dikarenakan digunakan lokasi dengan bergantian

Apakah anda membutuhkan alat filtrasi BBM B30 dengan kapasitas pompa yang lebih besar untuk meningkatkan proses produksi?

Jawab: ya

Apakah anda membutuhkan alat filtrasi BBM B30 yang ringan dan mudah digunakan?

Jawab: ya

Dari segi keamanan perlukah rangka troli alat filtrasi BBM B30 mampu menahan beban dari semua komponen?

Jawab: ya

Apakah anda membutuhkan waktu yang singkat dalam penggantian elemen

Berdasarkan hasil kuisisioner pada Tabel 2 yang telah diisi oleh 40 narasumber maka didapat tabel identifikasi kebutuhan dari alat filtrasi BBM B30. Tabel 3 memperlihatkan tabel identifikasi kebutuhan dari alat filtrasi BBM B30.

Tabel 3 Identifikasi kebutuhan dari alat filtrasi BBM B30

No	Pernyataan Kebutuhan	Tingkat Kepentingan
1	Mampu menfilter BBM B30 dalam jumlah besar dan waktu yang singkat	★★★★
2	Mudah dalam pengoperasiannya	★★★
3	Memiliki struktur yang kuat dan awet	★★★★
4	Harga yang ekonomis	★

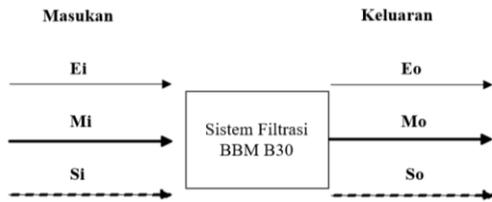
Keterangan:

Sangat diperlukan : ★★★★★

Diperlukan : ★★★

Perlu : ★

Dari spesifikasi yang ada dapat dibuatkan struktur fungsi dan struktur fungsi keseluruhan, seperti terlihat pada Gambar 2.

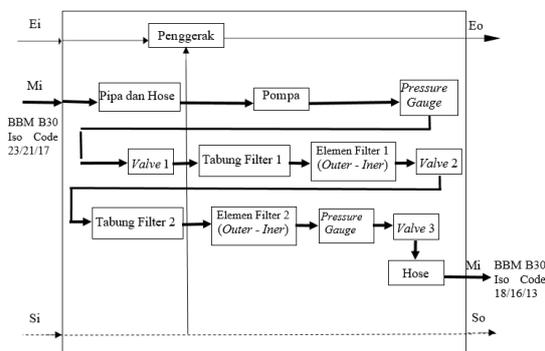


Gambar 2 Fungsi Keseluruhan (Overall Function)

Keterangan:

- Ei : Energi Listrik
- Eo : Energi Gerak
- Mi : BBM B30 Iso Code 23/21/17
- Fungsi : Alat Filtrasi BBM B30
- Mo : BBM B30 Iso Code 18/16/13
- Si : Tombol on, motor pompa menyala
- So : Tombol off, motor pompa mati

Prinsip Kerja alat filtrasi BBM B30 ditunjukkan pada struktur fungsi. Alat filter BBM B30 yang berfungsi memindahkan BBM (Bahan Bakar Minyak) dimana prosesnya mengalami penyaringan berulang untuk menjaga kualitas BBM. Pada tahap ini akan dilakukan pembagian fungsi alat yang akan dirancang sebagai sarana untuk mencari alternatif dari masing-masing fungsi tersebut. Untuk mempermudah pembagian fungsi, dapat dengan membuat bagan fungsi dalam konsep Black Box seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Struktur Fungsi Alat Filtrasi BBM B30

Prinsip kerja dari alat filtrasi BBM B30 setelah masuknya sinyal (Si) sebagai tombol on

(motor pompa menyala) energi yang masuk adalah energi listrik (Ei) menjadi energi gerak (Eo) material BBM B30 Iso Code 23/21/17 (Mo) dihisap melalui pipa dan hose dari tangki timbun. Selanjutnya material BBM B30 dipompa ke instalasi pipa yang terinstal pressure gauge dan terhubung ke tabung filter. Dengan terbukanya valve 1 secara manual menunjukkan bahwa media BBM B30 yang bertekanan nilainya dapat dilihat pada pressure gauge yang selanjutnya melewati proses filtrasi di tabung filter 1 proses ini elemen filter 1 (outer-iner) menfilter adanya partikel atau sludge BBM B30. Proses berikutnya setelah terbukanya valve 2 secara manual media BBM B30 yang bertekanan masuk ke tabung filter 2 didapati proses yang sama filtrasi dengan konsep elemen filter (outer-iner). Setelah material BBM B30 mengalami proses filtrasi selanjutnya melewati pressure gauge kemudian material BBM B30 dialirkan menggunakan hose ke tangki timbun kembali dan mengalami pengujian beberapa sample jika diperlukan dengan batas nilai kontaminasi iso code 18/16/13 (Mi) masuknya sinyal (So) sebagai tombol off (motor pompa mati) menandakan proses filtrasi BBM B30 selesai.

Berdasarkan diagram prinsip kerja, selanjutnya dibuat skema rancangan dan desain alternatif yang dikembangkan dari konsep black box untuk mempermudah perancangan. Tabel 4 memperlihatkan alternatif komponen alat filtrasi BBM B30 akan menjadi panduan dalam pemilihan alternatif rancangan optimasi desain alat filtrasi BBM B30.

Tabel 4 Rancangan Alternatif Produk

No.	Variabel	Varian		
		1	2	3
1	Krangka Troli	Besi Square	Besi Rectangle	Besi circle
2	Alas Troli	Plat Bordes	Plat Galvanis	Plat Stainless
3	Roda Troli	Bahan Plastik	Bahan Nylon	Bahan Karet
4	Pengerak	Motor Bensin	Motor Listrik	
5	Tabung Filter	Pipa Galvanis	Pipa Stainless	Pipa Seamless
6	Bahan Filter	Kertas	Laken	Kaos kaki
7	Hose Penyalur	Batang Plastik	Bahan Karet	Benang Kawat

Panduan dalam pemilihan alternatif rancangan produk alat filtrasi BBM B30 kemudian dibuat beberapa varian atau desain alternatif yang akan dijadikan acuan dalam pengambilan langkah selanjutnya yaitu pengembangan produk melalui Morfologi Chart. Varian analisis morfologis yang berguna untuk mendapatkan desain terbaik. Baik dari segi teknis maupun non teknis.

Perancangan Bentuk

Perancangan sesuai dengan kebutuhan maka perlu adanya perencanaan bentuk meliputi pembahasan tentang morfologi chart, pemilihan desain dan pohon keputusan desain. Analisis morfologis adalah suatu pendekatan sistematis dalam mencari sebuah alternatif penyelesaian dengan menggunakan matriks sederhana. Metode ini digunakan sebagai alternatif dari spesifikasi bahan atau komponen yang akan dipakai. Sumber informasi tersebut selanjutnya dapat dikembangkan untuk memilih komponen-komponen mesin yang paling ekonomis. Seperti terlihat pada Tabel 5 menunjukkan analisis morfologis dari alat filtrasi BBM B30.

Tabel 5 Analisis Morfologis

No.	Variabel	Varian		
		1	2	3
1	Krangka Troli	Besi Square	Besi Rectangle	Besi circle
2	Alas Troli	Plat Bordes	Plat Galvanis	Plat Stainless
3	Roda Troli	Bahan Plastik	Bahan Nylon	Bahan Karet
4	Pengerak	Motor Bensin	Motor Listrik	
5	Tabung Filter	Pipa Galvanis	Pipa Stainless	Pipa Seamless
6	Bahan Filter	Kertas	Laken	Kaos kaki
7	Hose Penyalur	Benang Plastik	Bahan Karet	Berlang Kawat

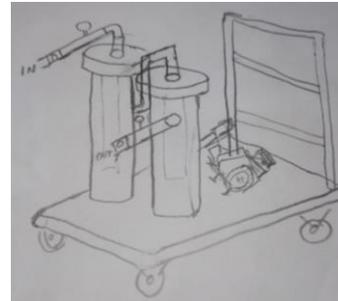
Varian 1

Varian 2

Varian 3

Berdasarkan Tabel 5 maka didapatkan 3 varian berdasarkan morfologi chart alat filtrasi BBM B30. Konsep varian 1 adalah alat filtrasi BBM B30 (Gambar 4) menggunakan sumber penggerak motor bensin, Besi pipa untuk setiap rangka troli, Beralaskan plat stainless dan beroda bahan nylon, menggunakan konsep filtrasi In - Out

to In - Out, tabung filter menggunakan bahan pipa stainless, untuk elemen filter menggunakan plat besi dikombinasikan berbahan laken, untuk hose penyalur menggunakan hose benang plastik.



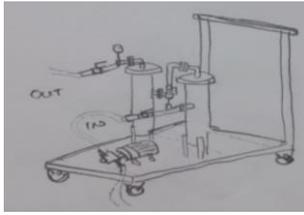
Gambar 4 Konsep varian 1

Konsep varian 2 (Gambar 5) adalah alat filtrasi BBM B30 menggunakan sumber penggerak motor listrik, Besi hollow persegi untuk setiap rangka troli kecuali bagian pegangan pendorong troli menggunakan besi pipa, Beralaskan plat galvanis dan beroda bahan plastik. menggunakan konsep filtrasi In - Out, In - Out, tabung filter menggunakan bahan pipa galvanis, untuk elemen filter menggunakan bahan plastik dikombinasikan berbahan kertas, untuk hose penyalur menggunakan hose berbahan karet.



Gambar 5 Konsep varian 2

Konsep varian 3 (Gambar 6) adalah alat filtrasi BBM B30 menggunakan sumber penggerak motor listrik, besi hollow kotak untuk setiap rangka troli kecuali bagian pegangan pendorong troli menggunakan besi pipa, Beralaskan plat bordes dan beroda bahan karet. menggunakan konsep filtrasi Out - in, Out - In, (konsep dimana proses penyaringan dimulai dari Outer permukaan luar elemen filter dan Iner sebagai Output nya), Tabung filter menggunakan bahan pipa Seamless, untuk elemen filter menggunakan bahan plat jaring besi dikombinasikan berbahan kaos kaki, untuk hose penyalur menggunakan hose berbahan kawat spiral.



Gambar 6 Konsep varian 3

Pemilihan desain ini dibuat kemudian akan diseleksi dengan beberapa kriteria yang ditentukan untuk dapat lebih menyempurnakan hasil rancangan hingga sesuai dengan apa yang diinginkan pada *demand and wishes*. Skala penilaian dilakukan untuk menentukan parameter dari pembobotan penilaian dan untuk menentukan besar kecilnya nilai pada suatu kajian, ditunjukkan pada Tabel 6. Selanjutnya, kriteria produk berkualitas dilakukan bertujuan untuk mengevaluasi setiap varian yang telah terbentuk dengan menentukan parameter yang akan dinilai berdasarkan pembobotan. Menjadi dasar dari penilaian kombinasi dibatasi oleh kriteria produk berkualitas seperti ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 6 Skala Penilaian

Skala Penilaian	
Bobot	Keterangan
1	Sangat Kurang
2	Kurang
3	Cukup
4	Baik
5	Sangat Baik

Tabel 7 Kriteria Produk Berkualitas

No	Kriteria Produk Berkualitas
1	Aman
2	Fungsi
3	Material
4	Biaya
5	Manufaktur

Hasil rekap kuesioner yang dilakukan pada 40 responden tersaji pada Tabel 8 dan dapat disimpulkan bahwa:

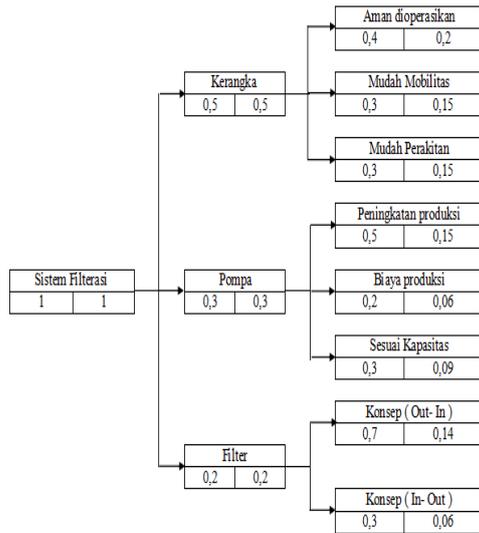
- Jumlah Item Kerangka 20: 40 mendapatkan nilai bobot 0,5
 - Sub item aman dioperasikan 8: 20 mendapatkan nilai bobot 0,4
 - Sub item mudah dioperasikan 6: 20 mendapatkan nilai bobot 0,3

- Sub item Mudah Perakitan 6: 20 mendapatkan nilai bobot 0,3
- Jumlah Item Pompa 12: 40 mendapatkan nilai bobot 0,3
 - Sub item peningkatan produksi 6: 12 mendapatkan nilai bobot 0,5
 - Sub item biaya produksi 2: 12 mendapatkan nilai bobot 0,2
 - Sub item sesuai kapasitas 4: 12 mendapatkan nilai bobot 0,3
- Jumlah Item Filter 8: 40 mendapatkan nilai bobot 0,2
 - Sub item Konsep (*Out-In*) 5:8 mendapatkan nilai bobot 0,7
 - Sub item Konsep (*In-Out*) 3: 8 mendapatkan nilai bobot 0,3

Tabel 8 Hasil Rekap Kuesioner

No	Kriteria Sistem Filtrasi		Jumlah Responden
	Item	Sub Item	
1	Kerangka	Aman dioperasikan	8
		Mudah dioperasikan	6
		Mudah Perakitan	6
2	Pompa	Peningkatan Produksi	6
		Biaya produksi	2
		Sesuai Kapasitas	4
3	Filter	Konsep (<i>Out-In</i>)	5
		Konsep (<i>In-Out</i>)	3
Jumlah Total Responden			40

Dari hasil evaluasi rekap kuesioner dapat digambarkan dengan struktur pohon keputusan yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Struktur Pohon Keputusan

Setelah menentukan pohon keputusan yang sesuai dengan pemilihan desain, maka tahap berikutnya memberi pembobotan nilai pada ketiga varian tersebut. Angka pada pembobotan didapat berdasarkan evaluation criteria atau evaluasi kriteria dari ketiga varian yang dilakukan oleh pengguna, kemudian ketiga varian pada tahap selanjutnya akan dilakukan perhitungan. Pembobotan varian tersaji pada Tabel 9 - 11.

Perhitungan varian dibutuhkan untuk menentukan nilai akhir dari ketiga varian konsep. Hasil perhitungan varian dengan nilai tertinggi yang kemudian menjadi varian terpilih untuk dilakukan perancangan detail. Seperti terlihat pada Tabel 12 menunjukkan hasil rekapan perhitungan varian 1, 2 dan 3.

Tabel 9 Pembobotan Varian 1

No	Kriteria		B	Parameter	Varian 1		
	Item	Sub Item			A	P	HB
1	Kerangka	Aman dioperasikan	0,2	Keamanan	Kurang	2	0,4
		Mudah dioperasikan	0,15	Pengoperasian	Cukup	3	0,45
		Mudah Perakitan	0,15	Waktu	Kurang	2	0,3
2	Pompa	Peningkatan produksi	0,15	Operasional	Cukup	3	0,45
		Biaya produksi	0,06	Manufaktur	Sangat Baik	5	0,3
		Sesuai Kapasitas	0,09	Penyaringan	Baik	4	0,36
3	Filter	Konsep (Out - In)	0,14	Filtrasi	Cukup	3	0,42
		Konsep (In - Out)	0,06	Filtrasi	Kurang	2	0,12
JUMLAH NILAI			1	2,80			
B = Bobot			A = Arti				
P = Poin			HB = Hasil pembobotan				

Tabel 10 Pembobotan Varian 2

No	Kriteria		B	Parameter	Varian 2		
	Item	Sub Item			A	P	HB
1	Kerangka	Aman dioperasikan	0,2	Keamanan	Baik	4	0,8
		Mudah dioperasikan	0,15	Pengoperasian	Cukup	3	0,45
		Mudah Perakitan	0,15	Waktu	Baik	4	0,6
2	Pompa	Peningkatan produksi	0,15	Operasional	Cukup	3	0,45
		Biaya produksi	0,06	Manufaktur	Cukup	3	0,18
		Sesuai Kapasitas	0,09	Penyaringan	baik	4	0,36
3	Filter	Konsep (Out - In)	0,14	Filtrasi	baik	4	0,56
		Konsep (In - Out)	0,06	Filtrasi	Cukup	3	0,18
JUMLAH NILAI			1	3,58			
B = Bobot			A = Arti				
P = Poin			HB = Hasil pembobotan				

Tabel 11 Pembobotan Varian 3

No	Kriteria		B	Parameter	Varian 3		
	Item	Sub Item			A	P	HB
1	Kerangka	Aman dioperasikan	0,2	Keamanan	Baik	4	0,8
		Mudah dioperasikan	0,15	Pengoperasian	Cukup	3	0,45
		Mudah Perakitan	0,15	Waktu	Sangat Baik	5	0,75
2	Pompa	Peningkatan produksi	0,15	Operasional	Baik	4	0,6
		Biaya produksi	0,06	Manufaktur	Sangat Kurang	1	0,06
		Sesuai Kapasitas	0,09	Penyaringan	Baik	4	0,36
3	Filter	Konsep (Out - In)	0,14	Filtrasi	Baik	4	0,56
		Konsep (In - Out)	0,06	Filtrasi	Cukup	3	0,18
JUMLAH NILAI			1	3,76			
B = Bobot			A = Arti				
P = Poin			HB = Hasil Pembobotan				

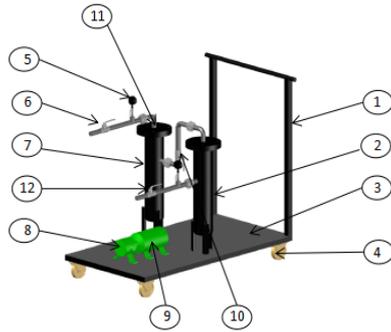
Tabel 12 Hasil Rekapan Perhitungan Varian 1, 2 dan 3

NO	Ranking	Varian	Nilai
1	Ranking 1	Varian 3	3,76
2	Ranking 2	Varian 2	3,58
3	Ranking 3	Varian 1	2,80

Hasil dari nilai keseluruhan varian konsep diketahui ranking 1 yaitu pada varian 3 dengan nilai 3,76 pada alat filtrasi BBM B30. Berdasarkan identifikasi kebutuhan dari konsumen seperti alat filtrasi BBM B30 mudah digunakan, waktu yang singkat dalam pengoperasiannya, perawatan mudah, dan alat mudah dipindahkan.

Perancangan Detail

Tahapan perancangan detail merupakan tahap dimana hasil desain varian yang sudah terpilih pada perancangan alat filtrasi BBM B30 dilakukan perancangan detail mencakup dimensi, spesifikasi dan bill of material, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Alat Filtrasi BBM B30 Hasil Desain Varian Terpilih

Keterangan:

1. Handle Troli
2. Tabung Filter 1
3. Troli
4. Roda Troli
5. Pressure Gauge
6. Ball Valve 3 (Output)
7. Tabung Filter 2
8. Pompa
9. Motor Listrik
10. Ball Valve 2
11. Elemen Filter (dalam tabung filter)
12. Ball Valve 1 (Input)

Hasil perhitungan yang dilakukan mendapatkan spesifikasi Alat Filtrasi BBM B30 yang ditampilkan pada Tabel 13.

Tabel 13 Spesifikasi Alat Filtrasi BBM B30

No	Komponen	Spesifikasi
1	Motor listrik	Model FDP 25 HD 1 phase, 0.75 kW, 2850 rpm
2	Diameter Pipa Tabung Filter	ASME B36.10: NPS 6, OD 66, dan sch 40 (28,0)
3	Diameter Instalasi Pipa	ASME B36.10 : NPS 1, OD 13, dan sch 40 (13,3)
4	GAP Antara Tabung Filter dan Elemen Filter	18 mm

Analisis Kekuatan Kerangka Menggunakan CAE

Analisis kekuatan kerangka ini menggunakan software pro-engineering, dengan data material yang digunakan Fe 40. Spesifikasi material Fe 40 tersaji pada Tabel 14. Hasil analisis ditunjukkan pada Gambar 9. Dari analisis pada Tabel 14 dapat dilihat bahwa von mises maksimum yang diterima oleh kerangka tersebut sebesar 3 N/mm² dari beban keseluruhan 100 kg, Sedangkan dari kekuatan bahan FE 40 sendiri mempunyai Yield strength sebesar 213 Mpa, itu artinya jika kita menggunakan teori von mises yang

menyatakan bahwa rancangan kekuatan material itu dianggap aman jika harga von mises lebih kecil dari Yield strength yang dimiliki oleh material tersebut.

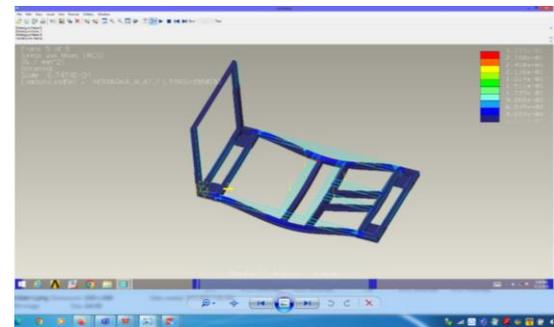
$$\text{Von Misses} < \text{Yield strength} \Rightarrow (\text{rancangan aman})$$

$$3 \text{ N/mm}^2 < 213 \text{ Mpa}$$

$$3 \text{ Mpa} < 213 \text{ Mpa} \quad (\text{rancangan aman})$$

Tabel 14 Spesifikasi material Fe 40

at. % Carbon	σ_y (MPa)	UTS (MPa)	WHR (MPa)	ϵ_f (%)
Undoped	213 ± 7	471 ± 11	893	57.7 ± 2.5
Undoped	240	480	842	56
0.75	400	703	1197	44
1.0	520	818	1240	40
2.2	310 ± 6	650 ± 17	1135	62.9 ± 1.4
3.3	422 ± 7	787 ± 21	1128	77.8 ± 1.5



Gambar 9 Hasil Analisis dengan Pro Engineering

KESIMPULAN

Mendapatkan desain alat filtrasi BBM B30 yang fleksibel dengan kapasitas 50 liter/menit dari 3 (tiga) Varian maka dipilihlah varian nomor 3 (tiga) menggunakan penggerak motor listrik, kerangka menggunakan besi square, tabung filter menggunakan bahan pipa seamless 6", untuk elemen filter menggunakan bahan plat jaring besi dikombinasikan berbahan kaos kaki, memiliki konsep filtrasi Out - in, Out - In, (konsep dimana proses penyaringan dimulai dari Outer permukaan luar elemen filter dan Iner sebagai Output nya).

Mendapatkan struktur kerangka alat filtrasi BBM B30 dengan kemampuan menahan beban 100 kg dimana hasil perhitungan kekuatan rangka besarnya beban momen maksimum adalah 100 N/mm, sehingga Von Misses tegangan maksimum adalah 3 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M.Fanshurullah Asa,2020 Agustus 07,"DPR RI & BPHMigas Dukung Penggunaan LNG Untuk Kereta Api", www.cnbcindonesia.com
- [2] Inkana Putri, 2020 Oktober 31,"BPH Migas Percepat Penggunaan LNG Untuk Bahan Bakar Kereta Api" <https://finance.detik.com>
- [3] Erika Retnowati, 2022 Juni 17 "Kolaborasi Kai dan BPH Migas Untuk Kelancaran Distribusi Barang Menggunakan Kereta Api" <https://www.bphmigas.go.id>
- [4] Kristian Adi Putra, "Report Monitoring Penggunaan BBM dan Penggantian Elemen Filter th 2020,2021 dan 2022" PT. Post Energy Indonesia, Jakarta, 2022.
- [5] Yani Kurniawan. "Perancangan Konsep Alat Uji Gearbox Rocking Terhadap Roda Pada kereta listrik Seri 8000 & 8500" Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, 2014.
- [6] Arifiansah. "Optimasi Desain dan Rekayasa Lory Fast Track dengan Metode DFMA pada Kasus Perbaikan Bodi Kendaraan Roda Empat "Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, 2022.
- [7] T.H. Nufus, A.Sulistiyowati, A.Yana, F.Wijayanti" Kajian Kualitas Pembakaran Terhadap Penggunaan Filter BBM Pada Mesin Diesel ", Kampus UI, Depok 2019.