

## PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK KOTAK VAKSIN UNTUK DAERAH PEDALAMAN

**Nandy Putra, Rita Maria Veranika, Danardono AS**

Laboratorium Perpindahan Kalor  
Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia  
Kampus Baru UI Depok  
E-mail : [nandyputra@eng.ui.ac.id](mailto:nandyputra@eng.ui.ac.id)

### Abstrak

*Untuk mendukung Program Pekan Imunisasi Nasional (PIN), khususnya untuk daerah terpencil yang medan perjalanan sulit dan belum tersedianya jaringan listrik, maka Laboratorium Perpindahan Kalor DTM-FTUI telah mengembangkan model kotak pendingin vaksin yang menggunakan peltier elemen sebagai pompa kalor. Pengembangan produk yang dilakukan pada penelitian ini adalah merancang dan membuat kotak vaccine agar mudah dibawa, memiliki estetika, bobot yang ringan, dan hemat energi dengan tetap memiliki kemampuan pendinginan yang baik yakni pada range temperatur 2-8°C. Metode yang dipakai dalam perancangan dan pengembangan produk kotak pendingin vaccine ini adalah metode yang telah dikembangkan oleh Karl. T. Ulrich, dimana tahapan-tahapan yang dilalui adalah identifikasi kebutuhan konsumen, penyusunan dan pemilihan konsep rancangan produk, pengujian konsep serta penegasan spesifikasi produk. Hasil pengembangan yang dilakukan adalah sebuah kotak vaksin dengan kapasitas 0.27 liter atau mampu memuat 4 botol vaksin, menggunakan elemen peltier ganda dimana salah satu sisi elemen peltier didinginkan oleh heatsink fan. Kotak Vaksin tersebut memiliki bobot kurang lebih 1 kg. Dari pengujian yang telah dilakukan, didapat hasil penting bahwa kotak vaccine yang dikembangkan dengan peltier ganda berpendingin udara mampu mendinginkan ruang vaksin hingga dibawah 8 °C dalam waktu 10 menit, dengan konsumsi daya 30 Watt.*

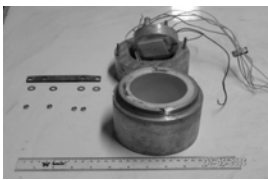
**Kata Kunci : Elemen Peltier, Alat Pembawa Vaksin, Metode Karl T Ulrich, Pengembangan Produk**

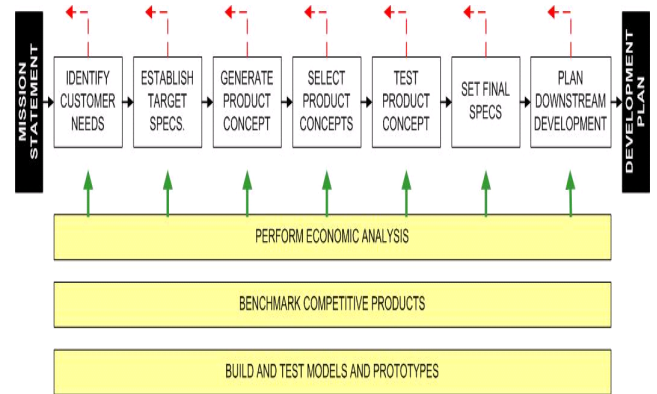
### 1. Pendahuluan

Pemberantasan penyakit dan infeksi menular pada generasi balita di Indonesia dilakukan secara terprogram sejak tahun 1995 dengan melaksanakan Pekan Imunisasi Nasional (PIN). Pemberian imunisasi tersebut sangat penting artinya bagi anak-anak Indonesia, karena dengan imunisasi pada usia balita, dapat mencegah tertularnya berbagai penyakit dan infeksi yakni dengan cara meningkatkan kekebalan tubuh [1]. Kendala yang dijumpai dalam kegiatan imunisasi di Indonesia adalah menjaga rantai dingin dari pabrik pembuat vaksin sampai saat kegiatan imunisasi dilaksanakan. Rantai dingin atau *cold chain* adalah suatu prosedur dan perangkat yang digunakan dalam pengiriman atau penyimpanan vaksin mulai dari pabrik pembuatnya sampai saat vaksin diberikan kepada sasaran [2]. Kendala terberat muncul ketika harus membawa vaksin ke daerah-daerah terpencil atau pedalaman yang belum memiliki infrastruktur utama seperti jalan masuk kendaraan bermotor dan jaringan listrik untuk menjalankan lemari pendingin. Alat yang biasa digunakan dalam pendistribusian vaksin untuk jarak jauh adalah cold box atau termos box yang menggunakan icepack sebagai media pendinginannya. Alat ini mempunyai kelemahan yaitu tidak mempunya menjaga temperatur daur hidup vaksin yang berkisar antara 2-8°C, juga keterbatasan waktu pendinginannya. Upaya yang dilakukan untuk membantu mengatasi permasalahan ini, Laboratorium Perpindahan Kalor DTM-FTUI telah mengembangkan prototipe *vaccine carrier* dengan menggunakan elemen peltier sebagai pompa kalor.[3,4,5], seperti yang terlihat pada table 1. Secara teknis prototype

yang dikembangkan dengan Peltier elemen mampu menjaga temperatur vaksin 2-8 °C, akan tetapi masih memiliki kekurangan dari segi kekompakan prototype dan masih membutuhkan peralatan pendukung lainnya sehingga produk kurang ringkas. Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan pengembangan produk lanjutan dari kotak vaksin dengan target rancangan produk yang fungsional, memiliki estetika dan portable, dimensi vaksin box yang sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan dan harga yang ekonomis. Metode yang digunakan dalam pengembangan produk kotak vaksin ini adalah metode Karl. T Ulrich [6].

**Tabel 1. Pengembangan Protipe**

Keterangan	VACCINE CARRIER I	VACCINE CARRIER II
<b>Modul Termoelektrik</b>	Single Peltier 40x40x4 mm	Double Peltier 40x40x4 mm
<b>Material Casing</b>	Stainless Steel	Stainless Steel
<b>Ruang Pendingin</b>	Stainless Steel Vol = 0,45 liter	Stainless Steel Vol = 0,45 liter
<b>Peletakan Elemen Peltier</b>	Bagian Atas	Bagian Atas
<b>Medium Penukar Kalor</b>	Air	Air
<b>Prototipe Alat</b>		



Karl T. Ulrich: "Product Design and Development"

Gambar 1. Tahapan Pengembangan Produk

## 2. Konsep Pengembangan Produk

Pada gambar 1 memperlihatkan tahapan-tahapan pada pengembangan produk berdasarkan Metode Karl.T Ulrich .Konsep-konsep yang tertuang dalam metode tersebut digunakan dalam perancangan dan pengembangan produk kotak vaksin untuk daerah pedalaman.

### 2.1. Identifikasi Kebutuhan

Langkah pendahuluan yang dilakukan adalah tentang identifikasi awal kebutuhan dan peluang yang kemudian dituangkan dalam bentuk pernyataan misi (Mission Statement) seperti pada tabel 2. Pada table tersebut ditampilkan deskripsi kebutuhan alat yakni produk yang dibutuhkan adalah sebuah kotak vaksin yang ringan, mudah dibawa kemana-mana, dan tentunya dapa t berfungsi dengan baik menjaga temperature vaksin pada range 2-8 °C. Sasaran dari produk vaksin ini adalah mensuksekan program pemerintah untuk pemberatasan penyakit menular, sehingga pasar utama produk ini adalah Pemerintah dalam hal ini adalah Departemen Kesehatan dengan rumah sakitnya dan puskesmas di seluruh Indonesia. Dalam pengembangan produk ini, elemen peltier merupakan alat utama untuk memompa kalordengan sumber energi baterai.

### 2.2. Spesifikasi Produk

Dari hasil survei dan wawancara dengan petugas Dinas Kesehatan, didapat bahwa secara umum petugas menginginkan kotak vaksin yang fungsional, ringan, mudah penggunaannya dan dapat mengontrol temperatur daur hidup vaksin. Pernyataan pelanggan ini diolah menjadi daftar interpretasi kebutuhan pelanggan, range tingkat kepentingan 1-5, semakin besar nilai tingkat kepentingan berarti semakin penting. Pernyataan kebutuhan pelanggan dan tingkat kepentingannya terlihat pada tabel 3.

**Tabel 2.** Mission Statement

Deskripsi Produk	Kotak Vaksin yang fungsional, memiliki bobot yang ringan dan portable
Sasaran Bisnis Utama	Mendukung pemerintah khususnya Departemen Kesehatan dalam mensosialisasikan Pekan Imunisasi Nasioanal
Pasar Utama	Rumah Sakit dan Dinas Kesehatan
Pasar Sekunder	Puskesmas
Asumsi – Asumsi	Menggunakan elemen peltier sebagai pompa kalor Menggunakan baterai sebagai sumber energi Kompatibel dengan berbagai tipe Kotak Vaksin yang umum dipasaran
Stakeholder	Pembeli dan Pengguna Bagian Produksi Laboratorium Perp. Kalor FTUI. Departemen Kesehatan

**Tabel 3.** Tingkat Kepentingan Pelanggan

Pernyataan Kebutuhan Pelanggan	Tingkat Kepentingan
Praktis dan mudah dibawa	4
Temperatur Stabil	5
Portabel	4
Kapasitas sesuai dengan kebutuhan	3
Aman	4
Produk tidak cepat rusak	3
Sumber energi listrik dan baterai	4
Desain sederhana dan menarik	5
Ringan	4
Harga relatif murah	4

### 2.3. Analisa Produk pesaing

Analisa hubungan antara produk baru dengan produk pesaing sangat penting dalam menentukan kesuksesan komersial suatu pengembangan produk. Beberapa produk kotak vaksin yang menjadi pesaing adalah sebagai berikut : Vaccine Cold Chain Box Xiamen Red Crystal, Mobile Coolbox, Thermoelectric Cooler Shenzhen litermay. Dari semua produk yang menjadi pesaing, produk yang merupakan kotak vaksin adalah Xiamen Red Crystal yang menggunakan icepack sebagai pendingin vaksin, sedangkan produk yang lain adalah produk cooler box menggunakan termoelektrik tetapi tidak diperuntukkan sebagai kotak vaksin tetapi sebagai pendingin minuman, buah-buahan maupun kosmetik.

### 2.4. Konsep-Konsep Produk




Konsep produk adalah sebuah gambaran/perkiraan mengenai teknologi, prinsip kerja dan bentuk produk, konsep produk juga merupakan gambaran singkat bagaimana produk dapat memuaskan kebutuhan konsumen [6]. Proses penyusunan konsep dimulai dengan serangkaian kebutuhan konsumen yang telah teridentifikasi sebelumnya dan spesifikasi target kemudian diakhiri dengan terciptanya beberapa konsep produk sebagai pilihan alternatif. Tabel 5 merupakan kombinasi yang dikembangkan. Konsep ruang pendingin, konsep sistem pendingin sisi panas peltier dan konsep rangkaian peltier merupakan konsep-konsep yang dikembangkan. Pada konsep ruang pendingin terdapat dua bentuk geometri yakni kotak dan tabung. Kemudian pada konsep sistem pendingin sisi panas peltier ada 3 alternatif sistem yakni Heatsink-Fan, Heatpipes dan Liquid Cooling System. Sementara untuk konsep rangkaian peltier dipilih 2 alternatif yakni seri dan paralel.

### 2.5. Seleksi Konsep



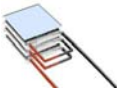




Seleksi konsep adalah suatu tahapan dimana menentukan konsep mana yang akan dikembangkan. Kombinasi yang dapat dikembangkan dari tabel kombinasi konsep adalah 12 kombinasi dengan kombinasi K yakni konsep ruang pendingin berbentuk tabung, sistem pendingin sisi panas menggunakan liquid cooling system dan konsep rangkaian peltier disusun seri. Tabel 6 memperlihatkan tahap penyaringan konsep. Konsep K dijadikan referensi karena

konsep ini sudah dikembangkan sebelumnya. Tahap penyaringan konsep didasarkan pada metode yang dikembangkan oleh Stuart Pugh[6]. Tujuan tahapan ini adalah mempersempit jumlah konsep secara cepat dan untuk memperbaiki konsep. Kriteria Seleksi pada tahap penyaringan konsep adalah harga, produk portabel, mempunyai berat yang ringan, kapasitas yang sesuai dengan kebutuhan, dan aman. Matriks seleksi atau matriks penyaringan konsep yang digunakan adalah nilai, + untuk lebih baik, 0 untuk sama dengan ref, - untuk lebih buruk, referensi adalah konsep yang dijadikan acuan/referensi.

**Tabel 4.** Produk Pesaing

No	Metrik	Satuan	Tipe AVC-24	Tipe AVC-44	Tipe VC9AF
					
1	Kapasitas	liter	0.86	1.6	1.6
2	Berat kosong	Kg	1	2.2	2.4
3	External surface material		HDPE (High Density Polyethylene)	HDPE (High Density Polyethylene)	HDPE (High Density Polyethylene)
4	Insulation material		CFC-free polyurethane	CFC-free polyurethane	CFC-free polyurethane
5	Insulation thickness	mm	20/25	35/40	35/40
6	External dimensions	Cm	21.5x14.5x18.5	25.0x25.0x30.0	25.0x18.0x21.0
7	Price	US \$	128.99	136.99	161.99

**Tabel 5.** Tabel Kombinasi Konsep

Konsep Ruang Pendingin	Konsep system pendingin sisi panas Peltier	Konsep Rangkaian Peltier
[1] kotak 	[1] Heatsink-Fan  <small>source: google</small>	[1] Seri 
[2] tabung 	[2] Heatpipes  <small>source: google</small>	[2] Paralel 
	[3] Liquid Cooling  <small>source: google</small>	

Tabel 6. Penyingkapan Konsep

Kriteria Seleksi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	1-1-1	1-1-2	2-1-1	2-1-2	1-2-1	1-2-2	2-2-1	2-2-2	1-3-1	1-3-2	2-3-1 Ref	2-3-2
Harga	+	+	0	-	0	0	+	+	-	-	0	0
Portabel	+	+	+	+	0	0	+	+	+	+	0	0
Berat	+	0	+	0	0	-	+	0	+	0	0	-
Kapasitas	0	+	+	+	0	+	0	+	0	+	0	+
Aman	0	+	+	+	0	0	+	+	+	+	0	0
Jumlah +	3	4	4	3	0	1	4	4	3	3	0	1
Jumlah 0	2	1	1	1	5	3	1	1	1	1	5	3
Jumlah -	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1
Nilai akhir	3	4	4	2	0	0	4	4	2	2	0	0
Peringkat	2	1	1	3	4	4	1	1	3	3	4	4
Lanjutkan ?	tidak	ya	ya	tidak	tidak	tidak	ya	ya	Tidak	tidak	tidak	tidak

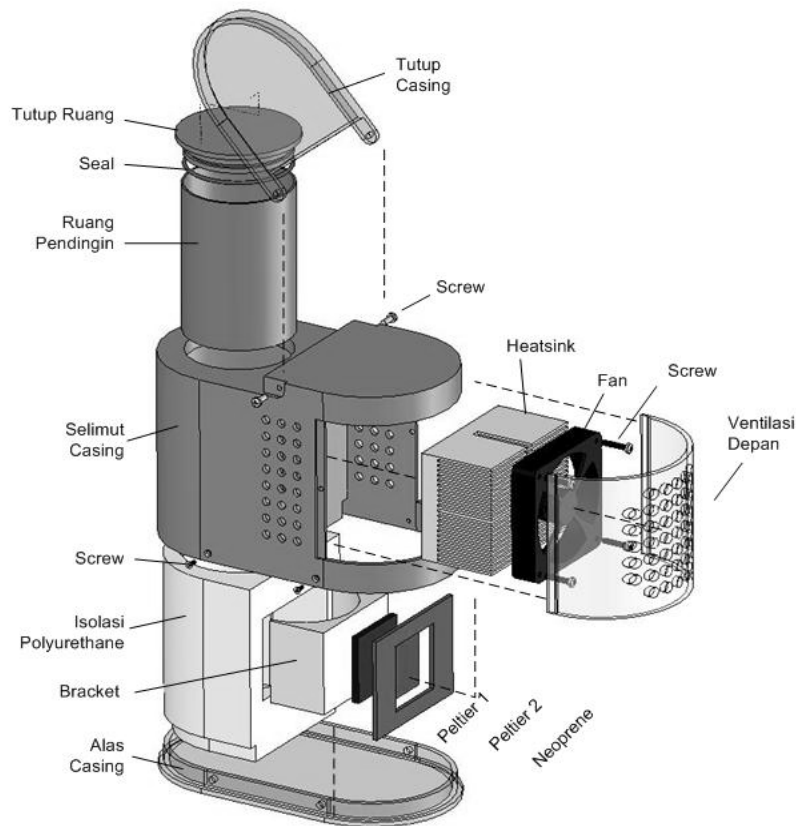
Tabel 7. Penilaian Konsep

		Konsep							
		B		C		G		H	
		1-1-2		2-1-1		2-2-1		2-2-2 referensi	
Kriteria Seleksi	Beban	Rating	Nilai Beban	Rating	Nilai Beban	Rating	Nilai Beban	Rating	Nilai Beban
Harga	30%	3	0.9	2	0.6	3	0.9	3	0.9
Portabel	25%	3	0.75	3	0.75	3	0.75	3	0.75
Berat	15%	2	0.3	4	0.6	4	0.6	3	0.45
Kapasitas	15%	3	0.45	3	0.45	3	0.45	3	0.45
Aman	25%	3	0.75	3	0.75	3	0.75	3	0.75
<b>Total Nilai</b>		3.15		3.15		3.45		3.3	
<b>Peringkat</b>		3		3		1		2	
<b>Lanjutkan ?</b>		tidak		Tidak		ya		Tidak	

Tabel 7 memperlihatkan tahap Penilaian Konsep. Pada tahap penilaian konsep dilakukan alternatif penyelesaian diantara konsep yang bersaing tersebut. Disini ada peran bobot kepentingan relatif untuk setiap kriteria seleksi dan memfokuskan pada hasil perbandingan yang lebih baik dengan penekanan pada setiap kriteria seleksi. Skala penilaian bobot adalah nilai 1 sampai dengan 5. Nilai 1 mewakili dari yang sangat buruk dibanding referensi, nilai 2 buruk dibanding referensi, nilai 3 sama dengan referensi, nilai 4 lebih baik dan nilai 5 sangat baik. Dari hasil penilaian konsep, konsep yang terpilih untuk pengembangan rancangan vaksin box adalah 2-1-1, yakni konsep ruang pendingin berbentuk tabung, konsep sistem pendingin sisi panas peltier Heatsink-Fan dan rangkaian peltier disusun secara seri.

Gambar 2 memperlihatkan prototipe desain kotak vaksin sesuai dengan konsep yang dikembangkan. Spesifikasi Desain Kotak Vaksin memiliki dimensi secara keseluruhan  $P \times L \times T = 18 \times 10 \times 12$  cm. Sitem peltier ganda digunakan pada prototipe ini dengan dimensi peltier  $P \times L \times T = 40 \times 40 \times 4$  mm dan tegangan 12V DC serta Arus maksimum 4A. Dimensi Heatsink  $P \times L \times T = 80 \times 60 \times 60$  mm, material heatsink aluminium. Dimensi Fan  $P \times L \times T = 70 \times 70 \times 15$  mm dengan

Tegangan 12V DC, Arus maksimum 0.28A, Total daya prototipe sebesar 30 Watt. Kemudian material yang digunakan untuk casing adalah Acrylic, material untuk braket adalah aluminium dan material untuk Isolasi adalah Polyurethane, sedangkan material untuk ruang pendingin vaksin adalah stainless steel dengan diameter 2.5 inci, tebal 1.2 mm dan tinggi 8.5 cm. dengan volume 0.27 liter yang mampu menampung 4 botol vaksin. Total bobot prototipe sebesar 1030 gram. Prototipe yang dihasilkan juga telah diuji di Laboratorium Perpindahan Panas DTM UI, hasil pengujian menunjukkan bahwa kotak vaksin mampu menjalankan fungsinya untuk menjaga temperatur ruang 2-8°C. Hasil pengujian, lebih rinci dapat dilihat pada Nandy et.al 2006 [8]



**Gambar 2** Prototipe Kotak Vaksin

### 3. Kesimpulan

Prototipe kotak vaksin yang dihasilkan dalam penelitian memiliki estetika, ringan dengan bobot sekitar 1 kg dan portabel, kotak vaksin mampu menjalankan fungsinya di range 2-8°C, memiliki kapasitas 4 ampuls atau vials.

### 4. Daftar Pustaka

- [1] "Program Imunisasi dan Pengembangan Vaksin", Jakarta : World Health Organization – Indonesia, 2002
- [2] "Modul Pelatihan Petugas Imunisasi", Jakarta : Departemen Kesehatan R.I., 1997
- [3] Nandy Putra, Pattas P. Siregar, RA Koestoer, Pengembangan "VACCINE CARRIER" dengan memanfaatkan efek Peltier, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin III, 6-7 Desember 2004, ISBN 979-97158-0-6, Universitas Hasanudin Makasar Indonesia

- [4] Nandy Putra, Haryo Tedjo, RA Koestoer, Pemanfaatan Elemen Peltier Bertingkat dua pada aplikasi Kotak Vaksin, Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin IV, 21-22 November 2005, Universitas Udayana, Bali, Indonesia
- [5] Nandy Putra, Uji Unjuk Kerja Kotak Vaksin berbasis Elemen Peltier Ganda, Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri Universitas Gajah Mada Yogyakarta, 27 Juni 2006.
- [6] Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger, “ Product Design and Development”, *Third Edition, Mc. Graw Hill, 2003*
- [7] Global Programme For Vaccines and Immunization, ”Safe Vaccine Handling, Cold Chain and Immunizations”, *World Health Organization, Geneva, 1998*
- [8] Nandy Putra, Aziz Oktrianto, Idam Bariyanto, Fery Yusivar, Penggunaan heat sink fan sebagai pendingin sisi panas elemen peltier pada pengembangan vaccine carrier, dikirim ke Jurnal Teknologi FTUL., 2006