



Kajian Pemilihan Rolling Chassis Untuk Kendaraan Taktis Water Cannon Berdasarkan Analisa Distribusi Beban Kendaraan

Agus Sartomo ^{1*}, Prasetyaning Diah Rizky Lestari ¹

¹ *Balai Teknologi Termodinamika Motor dan Propulsi (BT2MP)
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)
Gedung 230 Kawasan Puspipik Serpong, Tangerang Selatan – Banten. Indonesia*

*Email Penulis: agus.sartomo@bppt.go.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 16/10/2017
Naskah Direvisi 28/11/2017
Naskah Disetujui 28/11/2017
Naskah Online 28/11/2017

ABSTRAK

Saat ini kendaraan taktis *Water Cannon Vehicle* (WCV) yang dimiliki Pemerintah Indonesia masih seluruhnya diimpor dari luar negeri. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu kajian agar kendaraan WCV dapat dibuat di dalam negeri. Metode survei dilakukan terhadap kendaraan taktis WCV pada beberapa instansi pemerintah pengguna kendaraan WCV, sehingga didapat hasil survei yang digunakan sebagai acuan dalam merancang kendaraan WCV. Hasil survei berisi antara lain: dimensi WCV, spesifikasi *power train*, beban bagian-bagian WCV, kapasitas tangki, dll. *Rolling chassis* dipilih berdasarkan hasil survei kendaraan WCV dan dilakukan perhitungan *center of gravity* dengan berbagai macam beban kendaraan. *Rolling chassis* dipilih sebanyak 4 merek yang cukup terkenal di Indonesia dan mudah dalam hal suku cadangnya. Simulasi perhitungan distribusi pembebanan dilakukan dengan 2 macam konfigurasi bagian-bagian kendaraan WCV, yaitu konfigurasi 1 (kabin-pompa-tangki-gudang) dan konfigurasi 2 (kabin-gudang-tangki-pompa). Selain itu, dilakukan juga simulasi perhitungan dengan berbagai variasi beban jalan/ kemiringan jalan, yaitu 0% (0°), 15% (8,5°), 30% (17°), dan 45% (24°). Sehingga dengan simulasi perhitungan tersebut akan didapat *rolling chassis* dan konfigurasi mana yang layak digunakan dalam pembuatan kendaraan taktis WCV sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan oleh pemakai WCV.

Kata kunci: *distribusi beban kendaraan, pemilihan rolling chassis, Water Cannon Vehicle*

1. PENDAHULUAN

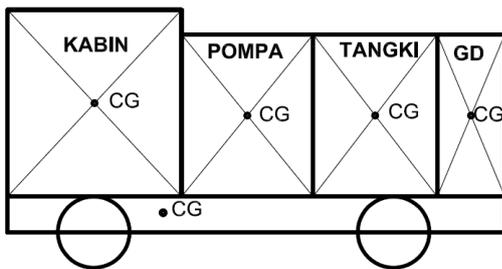
1.1. Latar Belakang

Saat ini kendaraan taktis *Water Cannon Vehicle* (WCV) yang dimiliki Pemerintah Indonesia mempunyai Tingkat Kandungan Dalam Negeri (TKDN) 0%, karena seluruhnya masih diimpor dari luar negeri, salah satunya dari Korea. Untuk itu diperlukan suatu kajian yang mengarah pada peningkatan nilai TKDN khususnya kendaraan taktis WCV.

Selain itu, dalam hal perawatan kendaraan, pemakai WCV juga mengalami kesulitan yaitu *spare part* sulit didapat karena harus impor dari luar negeri. Sehingga diharapkan dengan pembuatan WCV di dalam negeri, *spare part* akan lebih mudah dan perawatan lebih terjamin.

1.2. Bagian-bagian Kendaraan WCV

Bagian-bagian kendaraan WCV terdiri dari kabin, ruang pompa, tangki air, dan gudang untuk peralatan tambahan. Konfigurasinya seperti gambar di bawah.



Gambar 1. Bagian-bagian Kendaraan WCV

1.3. Data Spesifikasi kendaraan taktis WCV yang dimiliki Pemerintah Indonesia

Dari hasil Eksplorasi kendaraan taktis WCV yang dimiliki Pemerintah Indonesia diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi WCV yang dimiliki Pemerintah Indonesia

Item	Tactica	Daeji	Daewoo
Dimensi (P x L x T) (mm)	5020 x 2045 x 2320	8155 x 2490 x 2915	6050 x 2445 x 3675
Kapasitas tangki air (Lt)	4000	6500	6500
Wheel Drive	4 x 4	4 x 2	4 x 2
Jumlah Roda	4	6	6
Engine	Perkins Phaser 180 Ti	Doosan DE12TIS	Doosan DE08TIS
Power Max. (kW/Rpm)	134 kW/2600	265 kW (360 PS)/2100	176 kW (240 PS)/2300
Torsi Maks. (N.m/Rpm)	618/1400-1600	1.421/1260	882/1200
Konfigurasi	Kabin – tangki – pompa	Kabin – tangki – pompa	Kabin – pompa – tangki

Secara umum, hal-hal yang diinginkan dari pihak pemakai WCV dalam hal *power train* yaitu ketersediaan suku cadang yang bisa secepatnya terpenuhi, untuk daerah datar kapasitas tangki

sebesar-besarnya, daerah banyak tanjakan disesuaikan dengan kemampuan tanjak kendaraan, kemampuan manuver di tikungan.

1.4. Data berbagai macam beban yang ada dalam WCV

Berbagai macam beban yang cukup mewakili beban keseluruhan kendaraan WCV sebagai berikut :

- Beban *Rolling Chassis*: beban keseluruhan *rolling chassis*.
- Beban Kabin: *body*, kaca, *dashboard*, sistem kontrol, jok, penumpang.
- Beban ruang pompa: *impeller* pompa, *engine* pompa, pipa, *base plate*.
- Beban tangki air: konstruksi tangki, air.
- Beban gudang: peralatan pendukung dan asesoris lainnya.

1.5. Data Pemilihan Rolling Chasis untuk pengkajian Kendaraan Taktis WCV (DR&O)

Dari hasil survei dan eksplorasi mengenai kendaraan WCV yang dimiliki Pemerintah Indonesia, dapat disimpulkan beberapa acuan dalam memilih *rolling chassis* yang akan dikaji sebagai berikut:

Tabel 2. Design Requirement & Objective (DR&O)

Item	Rentang Spesifikasi
Berat kendaraan (Kg)	4.000 – 6.000
GVW (Kg)	14.000 – 19.000
Daya (kW)	150 - 200
Torsi (Nm)	650 - 850
Panjang keseluruhan (mm)	7.000 – 9.000
Roda penggerak	4 x 2
Daya tanjak @ GVW (%)	35 - 45
Kapasitas tangki (Liter)	6.000 – 6.500

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Eksplorasi Rolling Chassis yang ada di Indonesia sesuai DR&O

Eksplorasi dilakukan pada berbagai *rolling chassis* yang tersedia di pasaran Indonesia dan memiliki dukungan suku cadang yang memadai dari agen pemegang merek. Penetapan sasaran sesuai dengan DR&O untuk mengarahkan kegiatan eksplorasi tersebut. Merek yang menjadi obyek eksplorasi adalah:

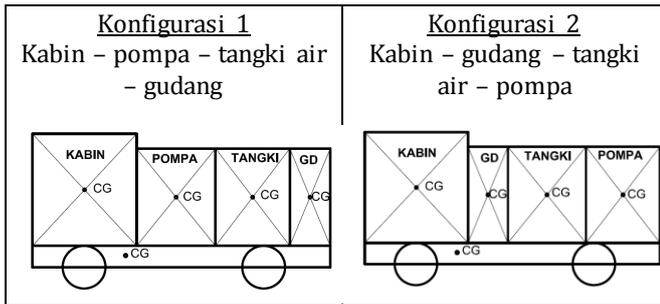
Tabel 3. Data Rolling Chassis Berbagai Merek Kendaraan

Item Spesifikasi	Merek A	Merek B	Merek C	Merek D
Panjang total (mm)	8.955	8.705	8.850	10.000
Lebar (mm)	2.450	2.410	2.490	2.425
Wheel Base mm)	5.050	5.080	5.080	6.050
Sumbu depan (mm)	1.440	1.245	1.280	1.280
Sumbu belakang (mm)	2.465	2.300	2.490	2.670
GVW (Kg)	16.000	14.030	15.100	16.500
Ukuran Ban	10.20.16PR	10.20.16PR	10.20.16PR	10.20.16PR

Berat Kosong (Kg)	5.120	4.350	5.360	4.985
Daya (kW@rpm)	209@2400	162@2800	195@2500	191@2800
Torsi (N.m@rpm)	900@1450	650@1400	820@1500	724@1800
Penggerak	4x2	4x2	4x2	4x2
Daya tanjak pada GVW (%)	52,5	40	52	44

2.2. Dimensi dan Macam-macam Beban pada Kendaraan WCV

Dalam perhitungan distribusi beban kendaraan didasarkan pada 2 variasi konfigurasi kendaraan WCV, yaitu:



Gambar 2. Konfigurasi kendaraan WCV

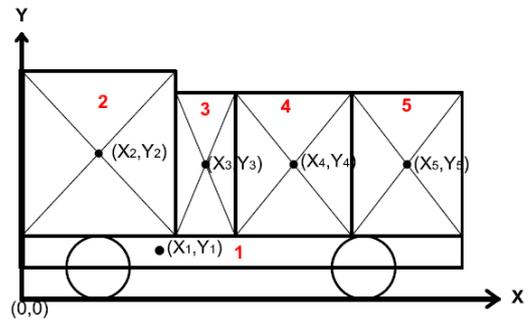
Asumsi perhitungan dimensi dan beban WCV

- Panjang kabin = 3/8 panjang total, Tinggi kabin = panjang kabin
- Panjang ruang pompa = 1/4 panjang total, Tinggi ruang pompa = tinggi kabin - 300 mm.
- Panjang ruang gudang = 700 mm
- Panjang ruang tangki = panjang total - panjang kabin - panjang ruang pompa - panjang ruang gudang.
- Dimensi tangki air
 - Panjang x Lebar x Tinggi = 2200 mm x 2000 mm x 1400 mm
 - Tebal plat tangki = 5 mm
 - Volume material tangki = 0,102241 m³
 - Material tangki = SS304 dengan density 8000 Kg/m³ (8 gr/cm³)
 - Massa tangki = 817,93 Kg
 - Volume tangki = 6,058 m³
- Beban masing-masing bagian kendaraan WCV
 - Beban Kabin = 870 Kg
 - Beban Pompa = 1000 Kg
 - Beban tangki air = 6876 Kg
 - Beban gudang = 150 Kg

2.3. Center of Gravity masing-masing bagian kendaraan WCV

Center of Gravity (CG) ditentukan pada koordinat titik tengah masing-masing bagian kendaraan WCV, dimana koordinat 0,0 adalah bagian depan bawah seperti ilustrasi gambar dibawah ini. Dalam hal ini dibagi menjadi 5 bagian, yaitu (1) rolling chassis, (2)

kabin, (3) ruang pompa, (4) tangki air, dan (5) ruang gudang.



Gambar 3. Posisi koordinat acuan Center of Gravity

2.4. Perhitungan Center of Gravity kendaraan WCV

Dengan massa dan koordinat CG masing-masing bagian WCV yang disampaikan di atas, dilakukan perhitungan CG WCV berdasarkan koordinat CG masing-masing bagian.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung koordinat CG kendaraan WCV adalah sebagai berikut :

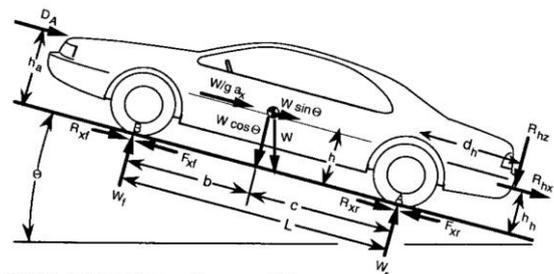
$$X_o = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + m_3x_3 + m_4x_4 + \dots + m_nx_n}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + \dots + m_n} \quad (1)$$

$$Y_o = \frac{m_1y_1 + m_2y_2 + m_3y_3 + m_4y_4 + \dots + m_ny_n}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + \dots + m_n} \quad (2)$$

Dimana, X_o dan Y_o merupakan koordinat CG kendaraan WCV.

2.5. Perhitungan Distribusi Beban pada Kendaraan WCV

Berbagai macam beban yang ada pada kendaraan WCV akan dibebankan pada bagian gardan roda depan dan roda belakang. Untuk mengetahui besaran beban yang diterima masing-masing gardan, maka digunakan persamaan sebagai berikut :



Gambar 4. Ilustrasi beban yang bekerja pada kendaraan

Persamaan untuk gardan roda depan:

$$W_f L + D_a h_a + \frac{W}{g} a_x h + R_{nx} h_n + R_{nz} d_n + W h \sin \theta - W c \cos \theta = 0 \quad (3)$$

Persamaan untuk gardan roda belakang :

$$W_r L + D_a h_a + \frac{W}{g} a_x h + R_{nx} h_n + R_{nz} d_n + W h \sin \theta - W b \cos \theta = 0 \quad (4)$$

Dengan diketahuinya beban gardan depan dan gardan belakang dari spesifikasi data *rolling chassis*, maka dapat diketahui *rolling chassis* mana yang cocok dengan desain WCV yang akan dibuat. Jika batas beban gardan depan dan batas beban gardan belakang tidak diketahui, maka diasumsikan: batas beban gardan depan = 0,38 GVW, dan batas beban gardan belakang = 0,63 GVW. Perhitungan dilakukan dengan berbagai variasi sudut kemiringan jalan (beban jalan), yaitu 0% (0°), 15% (8,5°), 30% (17°), dan 45% (24°), sehingga bisa diketahui *rolling chassis* mana yang cocok dengan berbagai macam beban jalan/ kemiringan jalan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Center of Gravity* masing-masing bagian kendaraan WCV

Dari hasil perhitungan berdasarkan data *rolling chassis* masing-masing kendaraan, maka didapat koordinat CG pada masing-masing kendaraan dan masing-masing konfigurasi sebagai berikut:

Tabel 4. Koordinat *Center of Gravity* masing-masing bagian kendaraan

Merek	Konfigurasi 1				Merek	Konfigurasi 2				
	A	B	C	D		A	B	C	D	
Rolling Chassis	Y ₁	758	758	758	758	Rolling Chassis	758	758	758	758
	X ₁	2985	2902	2950	3333	Rolling Chassis	2985	2902	2950	3333
	m ₁	5120	4350	5360	4985	Rolling Chassis	5120	4350	5360	4985
Kabin	Y ₂	2187	2140	2167	2383	Kabin	2187	2140	2167	2383
	X ₂	1679	1632	1659	1875	Kabin	1679	1632	1659	1875
	m ₂	870	870	870	870	Kabin	870	870	870	870
Ruang Pompa	Y ₃	2037	1990	2017	2233	Tangki Air	2037	1990	2017	2233
	X ₃	4478	4353	4425	5000	Tangki Air	5387	5247	5328	5975
	m ₃	1000	1000	1000	1000	Tangki Air	6876	6876	6876	6876
Tangki Air	Y ₄	2037	1990	2017	2233	Ruang Pompa	2037	1990	2017	2233
	X ₄	6926	6723	6841	7775	Ruang Pompa	7836	7617	7744	8750
	m ₄	6876	6876	6876	6876	Ruang Pompa	1000	1000	1000	1000
Gudang	Y ₅	2037	1990	2017	2233	Gudang	2037	1990	2017	2233
	X ₅	8605	8355	8500	9650	Gudang	3708	3614	3669	4100
	m ₅	150	150	150	150	Gudang	150	150	150	150

3.2. Center of Gravity kendaraan WCV

Dengan menggunakan persamaan (1) dan (2), CG kendaraan WCV dapat diketahui, sebagai berikut:

Tabel 5. *Center of Gravity* masing-masing kendaraan

CG	Merek A		Merek B		Merek C		Merek D	
	Konf. 1	Konf. 2						
X _o	5004	4436	4973	4400	4910	4362	5630	4949
Y _o	1579	1574	1595	1591	1553	1548	1713	1707

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa kendaraan dengan konfigurasi 2 mempunyai koordinat CG lebih kedepan daripada konfigurasi 1, hal ini dikarenakan ada perubahan posisi antara gudang dan ruang pompa, dimana pada konfigurasi 2 letak gudang berada di depan tangki, sedangkan ruang pompa berada di belakang tangki, sehingga karena dimensi ruang gudang lebih pendek daripada dimensi ruang pompa, maka letak tangki air jadi bergeser kedepan. Karena berat tangki air jauh lebih besar dibandingkan ruang pompa, maka hal ini akan menggeser posisi CG kendaraan lebih kedepan.

3.3. Distribusi beban pada kendaraan WCV

Dengan menggunakan persamaan (3) dan (4), maka distribusi pembebanan gardan depan dan gardan belakang pada berbagai kondisi beban jalan/kemiringan jalan dapat diketahui sebagai berikut:

Tabel 6. Distribusi Beban Kendaraan pada *Rolling Chassis* Merek A

Beban Jalan	Distribusi Pembebanan (Kg)							
	Batas Beban		Konfigurasi 1		Konfigurasi 2		Beban Total	GVW
	Depan	Blk	Depan	Blk	Depan	Blk		
0%	6.000	10.000	4.080	9.785	5.639	8.227	13.866	16.000
15%			3.440	10.426	5.000	8.865		
30%			2.813	11.053	4.375	9.490		
45%			2.317	11.549	3.881	9.984		

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa *rolling chassis* merek A dengan konfigurasi 1, gardan belakang hanya mampu menahan beban kendaraan pada kemiringan 0%, sedangkan pada kemiringan 15%, 30%, dan 45% beban pada gardan belakang melebihi batas beban yang diijinkan. Dengan konfigurasi 2, *rolling chassis* merek A mampu menahan beban kendaraan sampai pada kemiringan jalan 45%.

Tabel 7. Distribusi Beban Kendaraan pada *Rolling Chassis* Merek B

Beban Jalan	Distribusi Pembebanan (Kg)							
	Batas Beban		Konfigurasi 1		Konfigurasi 2		Beban Total	GVW
	Depan	Blk	Depan	Blk	Depan	Blk		
0%	4.830	9.200	3.485	9.611	4.964	8.132	13.096	14.030
15%			2.877	10.218	4.357	8.738		
30%			2.283	10.813	3.765	9.331		
45%			1.812	11.283	3.295	9.800		

Pada *rolling chassis* merek B dengan konfigurasi 1 dan pada berbagai kemiringan jalan, beban pada gardan belakang melebihi batas maksimum yang ditentukan pada gardan. sedangkan dengan konfigurasi 2, gardan belakang mampu menahan beban hingga kemiringan jalan sebesar 15%, diatas itu gardan belakang tidak mampu menahannya, namun pada kemiringan 0% gardan depan tidak mampu menahan beban kendaraan.

Tabel 8. Distribusi Beban Kendaraan pada *Rolling Chassis* Merek C

Beban Jalan	Distribusi Pembebanan (Kg)							
	Batas Beban		Konfigurasi 1		Konfigurasi 2		Beban Total	GVW
	Depan	Blk	Depan	Blk	Depan	Blk		
0%	5.660	9.440	4.027	10.078	5.548	8.558	14.106	15.100
15%			3.390	10.716	4.912	9.193		
30%			2.767	11.339	4.291	9.815		
45%			2.273	11.832	3.799	10.306		

Pada *rolling chassis* merek C mempunyai karakteristik yang sama dengan *rolling chassis* merek B, dimana dengan konfigurasi 1 dan pada berbagai kemiringan jalan, beban pada gardan belakang melebihi batas maksimum beban. sedangkan dengan konfigurasi 2, gardan belakang mampu menahan beban hingga kemiringan jalan sebesar 15%, diatas itu

gardan belakang tidak mampu menahannya, namun gardan depan mampu menahan beban pada kemiringan 0%.

Tabel 9. Distribusi Beban Kendaraan pada *Rolling Chassis* Merek D

Beban Jalan	Distribusi Pembebanan (Kg)							GVW
	Batas Beban		Konfigurasi 1		Konfigurasi 2		Beban Total	
	Depan	Blk	Depan	Blk	Depan	Blk		
0 %	6.190	10.310	3.857	9.873	5.404	8.327	13.731	16.500
15 %			3.283	10.448	4.831	8.899		
30%			2.721	11.010	4.271	9.459		
45 %			2.276	11.454	3.828	9.902		

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa *rolling chassis* merek D mempunyai karakteristik distribusi beban kendaraan sama dengan *rolling chassis* merek A, dimana dengan konfigurasi 1 gardan roda belakang hanya mampu menahan beban pada kemiringan jalan 0%, sedangkan dengan kemiringan jalan 15% keatas gardan belakang tidak mampu menahannya. Begitu juga pada konfigurasi 2, *rolling chassis* merek D mempunyai karakteristik pembebanan yang sama dengan *rolling chassis* merek A, dimana kendaraan mampu menahan beban jalan/ kemiringan jalan sampai 45%.

Secara keseluruhan desain kendaraan WCV dengan konfigurasi 2 lebih layak untuk digunakan. Sedangkan *rolling chassis* yang layak digunakan adalah *rolling chassis* merek A dan merek D, namun dengan pertimbangan jarak *wheel base* merek A lebih pendek merek D, maka *rolling chassis* merek A lebih layak digunakan, karena dengan jarak *wheel base* yang lebih pendek, kendaraan WCV akan lebih mudah untuk bermanuver.

Berdasarkan konfigurasi kendaraan WCV, konfigurasi 2 sesuai dengan konfigurasi WCV *Tactica* dan *Daeji* yaitu kabin-tangki-pompa.

4. KESIMPULAN

Dari data-data di atas yaitu dengan telah dilakukannya simulasi 2 macam konfigurasi bagian-bagian kendaraan WCV dan juga dengan telah dilakukannya perhitungan simulasi dengan berbagai variasi beban jalan, maka dapat disimpulkan bahwa *rolling chassis* yang layak digunakan untuk kendaraan WCV adalah *rolling chassis* merek A dengan konfigurasi 2. Adapun alasan dipilihnya *rolling chassis* merek A dan konfigurasi 2 yaitu dengan desain tersebut, kendaraan mampu digunakan pada beban jalan hingga kemiringan 45%, dimana hal ini sesuai dengan DR&O WCV yang mensyaratkan mampu digunakan pada beban jalan 35% – 45%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gillespie, T.D., 1992, *Fundamentals of Vehicle Dynamics*, Society of Automotive Engineers, Inc., USA.
- [2] Huang, Xiaoyu and Wang, Junmin, 2013, *Center of gravity height real-time estimation for lightweight vehicles using tire instant effective radius*, Control Engineering Practice, USA, 21 (2013), pp. 370–380.
- [3] Mashadi, Behrooz and Crolla, David, 2012, *Vehicle Powertrain Systems*, John Wiley & Sons, Ltd., UK.
- [4] PTIPK-BPPT, 2015, Laporan Akhir Kegiatan Inovasi dan Layanan Teknologi Kendaraan Taktis, Kendaraan Tempur dan Munisi Kaliber Besar, BPP Teknologi, Indonesia, Desember 2015.
- [5] PTIPK-BPPT, 2015, Program Manual Kegiatan Inovasi dan Layanan Teknologi Kendaraan Taktis, Kendaraan Tempur dan Munisi Kaliber Besar, BPP Teknologi, Indonesia, Januari 2015.