

**PENGARUH PERILAKU RINTANGAN KERJA HIDROMEKANIK RANPUR
AMFIBI BERODA BAN DI DARAT DAN AIR DENGAN PENDEKATAN NUMERIK**

**THE INFLUENCE OF BEHAVIOR OF WORKING OBSTACLES OF HYDROMECHANIC
RANPUR AMPHIBILE WHEEL TYRES ON LAND AND WATER WITH NUMERICAL
APPROACH**

Mahyaruddin Mrp

PRODI TEKNOLOGI DAYA GERAK, UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

ahyarmarpaung@gmail.com

Abstrak – Kendaraan tempur (ranpur) amfibi AAPC (Amphibious Armored Personal Carrier) adalah ranpur pengangkut personel militer serta dapat dimanfaatkan untuk penyeberangan pada perairan dangkal. Ranpur mampu beroperasi di darat/ air dan dapat dikembangkan untuk operasi amfibi pendaratan. Kendaraan militer sering dioperasikan di medan kasar yang dapat menyebabkan masalah kenyamanan dan kelelahan pengemudi. Ketidakteraturan jalan juga mempengaruhi keselamatan berkendara secara negatif. Dinamika pengendaraan dan parameter kualitas pengendaraan untuk kendaraan roda yaitu ISO, daya serap, dan teknik setengah putaran. Perilaku rintangan kendaraan militer pada dasarnya diselidiki dengan menggunakan 2 teknik yaitu setengah putaran dan daya serap. Pengaruh perilaku rintangan ranpur di darat dan di air sangat saat mobilitas. Sehingga dilakukan pendekatan numerik di darat dengan hidromekanik dan di air pada saat kemiringan kendaraan.

Kata Kunci: Hidromekanik, Ranpur amfibi, Rintangan Kerja, Stabilitas

Abstract – The AAPC (Amphibious Armored Personal Carrier) amphibious combat vehicle is a military personnel carrier and can be used for crossings in shallow waters. Ranpur is capable of operating on land and can be developed for amphibious activating operations. Military vehicles are often operated on rough terrain which can cause comfort problems and driver fatigue. Road irregularities also negatively affect driving safety. The driving dynamics of the vehicle and the driving quality parameters for the wheels are ISO, absorption, and half-turn technique. Obstacle behavior of military vehicles while in the field using 2 techniques, namely half rotation and absorption. The influence of running behavior on the ground and in the air greatly affects mobility. So that a numerical approach is carried out on land with hydromechanics and in the air when the vehicle is tilted.

Keywords: Amphibious, hydromechanics, stability, work resistance

Pendahuluan

Sebagai salah satu komponen pertahanan Negara, tugas pokok TNI berdasarkan Undang-Undang No 34 Tahun 2004 yaitu berperan sebagai alat Negara di bidang pertahanan, penangkal terhadap setiap bentuk ancaman militer dan ancaman bersenjata dari luar serta menegakkan kedaulatan Negara. Angkatan Darat merupakan jumlah personel terbesar yang dimiliki TNI dan menjadikan Darat sebagai basis pertahanan. Oleh karena itu, alutsista darat yang kuat merupakan komponen krusial yang harus dimiliki oleh TNI [5].

Melihat kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan dengan kondisi garis pantai yang panjang serta berbatasan dengan laut dan perairan pedalaman negara lain, maka penjagaan, pengamanan dan kewajiban mempertahankan kedaulatan Negara.

Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) perlu diutamakan. Dalam kaitan kegiatan pengamanan dan pertahanan wilayah pantai, operasi amfibi sebagai salah satu gelar operasi militer gabungan yaitu operasi pendaratan pasukan dari laut ke darat oleh TNI sangat diperlukan. Oleh karena itu kemampuan gelar operasi amfibi bagi pasukan TNI AD dan TNI AL

tetap perlu ditingkatkan, tidak terbatas pada kemampuan perorangan prajurit TNI, namun juga prasarana dan sarana pendukung pada operasi amfibi. Dalam teori pertempuran darat-laut dinyatakan bahwa, misi pertama operasi amfibi adalah kemampuan pendaratan pasukan untuk memberikan kejutan taktis dan operasional pada musuh di pantai maupun pada titik-titik rawan daerah penyerbuan dari laut yang tidak terjaga.

Kendaraan militer umumnya terkena beban kejut sesaat dan variabel selama kondisi mengemudi off-road. Eksitasi jalan dengan amplitudo tinggi dalam kondisi medan yang keras menyebabkan getaran pada bodi kendaraan, yang merupakan akibat dari kelelahan bodi. Getaran ini juga mempengaruhi kenyamanan dan keselamatan berkendara secara negatif. Karena posisi kritis mereka, kualitas pengendalian sangat penting di antara anggota kru.

Perilaku getaran badan kendaraan sangat tergantung pada sifat suspensi. Karena fitur desain kinematik dan mekanismenya, suspensi independen memiliki keunggulan isolasi getaran dibandingkan dengan gandar padat konvensional. Oleh karena itu, penerapan sistem suspensi independen

tipe double wishbone pada kendaraan militer meningkat pesat.

Daya yang diserap untuk lokasi dan sumbu tertentu dihitung dengan mengalikan spektrum kerapatan spektral daya percepatan dengan fungsi transfer yang sesuai dan mengintegrasikan spektrum yang dihasilkan.

Sehingga, dalam hal ini dibutuhkan cara menganalisa kinerja hidromekanika pada disain awal ranpur-AAPC amfibi beroda ban yang dikembangkan dari basis disain ranpur darat. Tinjauan teknis yang dilakukan meliputi aspek hidrostatika pada daya apung, stabilitas dan hidrodinamika, untuk tenaga gerak (powering). Tinjauan unjuk kerja hidromekanika pada disain ranpur ini dilakukan dengan cara mengevaluasi melalui prediksi perhitungan numerik parameter-parameter aspek hidrostatika terutama daya apung.

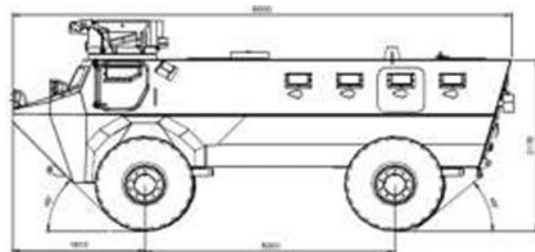
Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur, dalam pengumpulan, identifikasi dan evaluasi terhadap perilaku rintangan pada ranpur amfibi beroda ban baik di darat maupun di laut. Sumber data dan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder

yang didapat dari database dan publikasi yang didapat dari berbagai jurnal baik nasional maupun internasional seperti elsvier, google scholar, dan lain sebagainya yang relevan sesuai dengan tulisan ini.

Hasil dan Pembahasan

Untuk dapat melakukan prediksi unjuk kerja hidromekanika, karakteristik ranpur-AAPC perlu dimodelkan secara numerik. Selanjutnya dalam perhitungan analisa numerik parameter hidrostatika dan stabilitas dibutuhkan data rencana garis (lines plan) badan ranpur yang akan dimodelkan. Data hasil numerik tersebut selanjutnya diolah dengan software berbahasa pemrograman Matlab dari hasil pengembangan mandiri. Data numerik model karakteristik ranpur yang diprediksi dibuat berdasarkan disain awal ranpur-AAPC yang dikembangkan oleh BPPT dan PT PINDAD.



Gambar 1. Penampang Ranpur AAPC

Sistem Hidromekanika Stabilitas Daya apung

Pada disain ranpur amfibi-AAPC berbasis disain ranpur darat, maka aspek hidromekanika menjadi suatu hal yang penting dialami, terutama aspek data hidrostatika dan stabilitas. Saat beroperasi di air, aspek hidrostatika akan berkaitan dengan karakteristik bentuk lambung yang tercelup di air dan sistem kekedapan pada lambung ranpur AAPC. Hal ini terkait erat dengan ketersediaan volume udara sebagai daya apung serta letak titik berat ranpur. Ranpur amfibi pada kondisi terapung di air, badan ranpur yang tercelup akan menerima gaya-gaya hidrostatika tekan ke atas yang sebanding dengan gaya berat seluruh komponen badan ranpur. Demikian juga dengan berat dan distribusi berat komponen badan ranpur akan berpengaruh pada letak posisi titik berat ranpur dan sarat air ketenggelaman badan ranpur. Sedangkan letak titik berat akan mempengaruhi kemampuan stabilitas (intact stability) ranpur. Oleh karenanya kemampuan/daya apung dan stabilitas ranpur perlu diprediksi terutama pada saat kondisi ranpur-AAPC meluncur dari kapal pengangkut menuju ke permukaan air untuk mulai mengapung.

Hal ini penting untuk diketahui karena hak tersebut merupakan kondisi kritis yang sangat berpengaruh pada stabilitas dinamis ranpur-AAPC akibat adanya gaya berat, gaya apung, dan gaya luar (external force) gelombang yang bekerja saat ranpur-AAPC mulai mengapung di air.

Hidrodinamika - Tenaga gerak

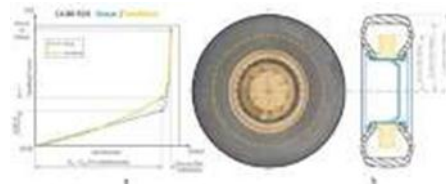
Pada tinjauan aspek hidrodinamika menyangkut tenaga gerak (powering) disain awal ranpur amfibi-AAPC ditekankan pada prediksi kebutuhan daya gerak ranpur dalam kondisi ranpur melakukan operasi amfibi pendaratan dari laut ke pantai. Prediksi perhitungan kemampuan tenaga gerak (powering) dimaksudkan untuk mengatasi beban gaya-gaya hidrodinamika pada saat ranpur mengapung, melaju melakukan olah gerak maupun untuk mengatasi tahanan air dan gelombang pantai. Pada kondisi tersebut sebagian lambung ranpur-AAPC tercelup di air hal ini akan terjadi gaya gesek air dan gaya gelombang. Berdasarkan gaya hambatan air di laut dapat diprediksi besar tenaga mesin yang harus disediakan agar ranpur dapat bergerak di air pada kecepatan

operasi amfibi serta tenaga gerak ranpur-AAPC beroperasi di darat.

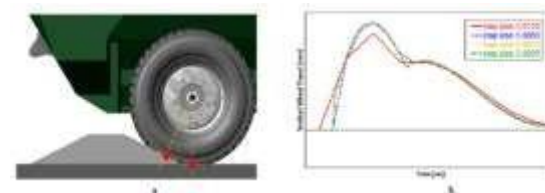
Kendaraan tempur (ranpur) amfibi AAPC pada rintangan dari badan kendaraan, kekakuan vertikal ban sama pentingnya dengan kekakuan pegas heliks pada suspensi. Model ban matematis 14.00R20 digunakan dalam model kendaraan MBD. Nilai katalog kekakuan ban linier dan kekakuan vertikal non-linier terukur dari ban tipe run-on-flat 14,00 R20 dibandingkan pada Gambar. 2. Ketika permukaan bagian dalam kontak ban dengan permukaan luar komponen run-on-flat, % 36,4 terjadi perbedaan antara gaya vertikal roda linier dan nonlinier. Pada simulasi digunakan model ban 14.00 R20 dengan kekakuan vertikal non-linier.

Pac 2002 biasanya berfungsi sebagai model ban kontak titik tunggal. Dengan mengaktifkan amplop 3D dalam model roda, kontak ban-jalan dapat dimodelkan lebih akurat (Gbr 3). Ukuran langkah simulasi harus dipilih dengan hati-hati untuk melakukan pemindaian detail rintangan saat ban 3D melewatinya. Saat kecepatan kendaraan meningkat, ukuran langkah harus meningkat pada tingkat tertentu sehingga; ban 3D dapat mengumpulkan data di permukaan jalan

dengan presisi yang sama. Dengan cara ini, efek pada bodi kendaraan dapat diamati lebih realistis. Ukuran langkah simulasi melewati rintangan tunggal adalah sekitar 0,001, tetapi juga tergantung pada geometri rintangan.



Gambar 2. Perbandingan kekakuan vertikal ban linier dan nonlinier b. Tampilan depan dan penampang ban run-on-flat



Gambar 3. Tampak samping model kontak ban pembungkus 3D b. Efek ukuran langkah simulasi pada perjalanan roda vertikal

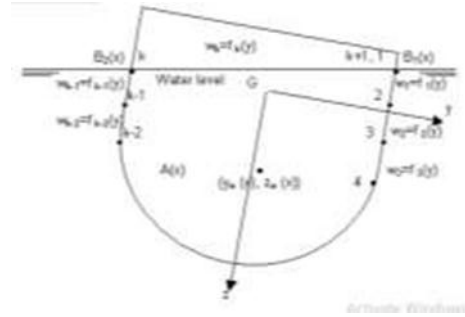
Prediksi Stabilitas Ranpur-AAPC

Tinjauan pada aspek stabilitas terkait kemampuan ranpur untuk kembali ke posisi semula tegak apabila ranpur mengalami oleng saat terapung di air. Hal ini berkaitan erat dengan optimasi penempatan titik berat ranpur. Secara umum stabilitas benda apung sangat dipengaruhi oleh besar volume basah benda atau bagian benda yang tercelup di air serta letak titik berat dan titik apung benda tersebut.

Keadaan pertama adalah benda akan kembali pada posisi semula tegak, keadaan ini disebut keadaan stabil (stabilitas positif). Keadaan kedua, benda tetap miring seperti pada posisi terkena gaya, keadaan ini disebut keadaan stabilitas netral. Keadaan ketiga, benda tersebut akan terus oleng sehingga terbalik, keadaan ini disebut keadaan tidak stabil (stabilitas negatif). Ketiga keadaan tersebut diekspresikan sebagai berikut :

1. Stabilitas positif jika $GM > 0$ 2. Stabilitas netral jika $GM = 0$ 3. Stabilitas negatif jika $GM < 0$

Gambar 5. Model Stabilitas positif $GM > 0$ Dimana garis GM adalah tinggi metasentra (metacenter height), yang menunjukkan nilai stabilitas awal benda. Titik G adalah titik berat vertikal benda dan titik M disebut titik metasentra yang merupakan perpotongan sumbu vertikal B saat oleng dengan sumbu vertikal saat diam/tidak oleng. Sedangkan garis GZ merupakan lengan pengembali dari keadaan oleng ke keadaan semula tegak. Untuk mengetahui besar lengan pengembali GZ saat benda oleng, dapat dicari dengan persamaan umum yang dijelaskan dari Gambar 4:



Gambar 4. Model potongan melintang benda apung

Format notasi matematis:

$$A(x) = \sum_{j=1}^k \int_{y_j}^{y_{j+1}} \left[\int_{a_j y + b_j}^0 dz \right] dy \quad (1);$$

$$y_w(x) = \frac{\sum_{j=1}^k \int_{y_j}^{y_{j+1}} y \left[\int_{a_j y + b_j}^0 dz \right] dy}{\sum_{j=1}^k \int_{y_j}^{y_{j+1}} \left[\int_{a_j y + b_j}^0 dz \right] dy} \quad (2);$$

$$z_w(x) = \frac{\sum_{j=1}^k \int_{y_j}^{y_{j+1}} \left[\int_{a_j y + b_j}^0 z dz \right] dy}{\sum_{j=1}^k \int_{y_j}^{y_{j+1}} \left[\int_{a_j y + b_j}^0 dz \right] dy} \quad (3);$$

Besar volume displacement benda apung (V) adalah integral dari luasan seksi melintang benda apung $A(x)$ dihitung dari persamaan (1), sepanjang badan benda apung. Sedangkan $y(x)$ w dan $z(x)$ w adalah titik pusat luasan potongan melintang benda apung seperti dihitung pada persamaan (2) dan (3). Sebagai gambaran besar luasan potongan melintang dan titik pusat benda apung dapat dihitung melalui penentuan lebar garis air badan benda apung tercelup air pada setiap kondisi oleng yaitu dengan menentukan titik interseksi $B_1(x)$ dan $B_2(x)$ secara numerik.

Kesimpulan

Pembuatan model numerik varian desain ranpur-aapc versi amfibi, maka data hidrostatika hasil perhitungan numerik desain ranpur dapat digunakan sebagai informasi awal dalam perhitungan prediksi daya apung, titik berat, kemampuan stabilitas dan hambatan ranpur aapc saat beroperasi di air. dari hasil perhitungan hidrostatika terlihat bahwa distribusi titik apung ranpur-aapc cukup baik. Dikarenakan bentuk badan ranpur yang tercelup di air cukup lebar mengakibatkan ranpur cukup stabil. Untuk komponen suspensi yang dipilih, rintangan tipe setengah bulat 200 mm dan trapesium 175 mm dapat dilewati pada kecepatan simulasi maksimum 90 km/jam yang memenuhi kriteria kenyamanan pengemudi dalam hal daya yang diserap. Kecepatan rata-rata 66 km/jam adalah kecepatan tertinggi di mana kendaraan dapat menyelesaikan kursus uji apg tanpa melebihi batas atas daya serap 6 w. Untuk meningkatkan nilai kecepatan maksimum yang nyaman, suspensi kursi dapat diterapkan.

Daftar Pustaka

- Baharuddin A, Lap. Evaluasi Kinerja Ranpur Amphibi, UPT Balai Pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika, BPPT, Surabaya, 2008 (Tidak dipublikasikan)
- Combat Vehicle Fire Control Systems – Coincidence”, A-3.
- Els P.S. (2015) “The applicability of ride comfort standards to off-road vehicles”, Journal of Terramechanics, Elsevier, doi:10.1016/j.jterra.2004.08.001
- G. (2018) “Independent Suspension Application On Tactical Wheeled - Armoured Vehicle”, 9th Automotive Technologies Congress, 7-8 May 2018, Bursa, s.1-10. (In Turkish with an abstract in English)
- G. (2018) “Effect of the spherical joint position on dynamic reaction forces acting on the joints of a high-mobility tactical wheeled vehicle independent front suspension: a case study”, 9th Defence Technologies Congress, 27-29 June 2018, Ankara, s.1-8. (In Turkish with an abstract in English)
- Hohl, Military Terrain Vehicles, Journal of Terramechanics, 2007, No. 44, p 23-34, Elsevier.

NATO International Staff-Defence
Support Division, (1993), "Allied
Vehicle Testing Publication, 03-170
W", A1.

R.P Hunnicutt, Armored Car, Presidio
Press, Novato-CA, 2002, p.211.

Topaç, M.M., Avcıoğlu A.E., Atak M.,
Yavuz

Undang-undang TNI No. 34 Tahun 2004
Operasi Amphibi, Edisi. Koleksi
Angkasa XXVIII, PT Gramedia,
Jakarta, p.14. 4. G.H

US Army Aberdeen Test Center (TEDT-
TMB), USA, (2009), "Test
Operations Procedure (TOP) 3-2-
836 (2.2.3),

US Army Developmental Test Command,
"Test Operations Procedure (TOP)
1-1- 014 Ride Dynamics"