

TINJAUAN UNJUK KERJA HIDROMEKANIKA PADA PENGEMBANGAN AWAL DISAIN RANPUR AMFIBI BERODA BAN

HYDROMECHANIC PERFORMANCE REVIEW AT THE DEVELOPMENT OF PRELIMINARY DESIGN OF WHEELED AMPHIBIOUS ARMoured VEHICLE

Samudro^a, Baharuddin Ali^b

^a Pusat Teknologi Industri Pertahanan dan Keamanan - BPPT
Gedung 256 Teknologi HANKAM/Lt. 2, PUSPIPTEK, Serpong, 15314. Telp. 021.758759, Fax. 75791285

^b Balai Teknologi Hidrodinamika – BPPT
Jl. Hidrodinamika, Kompleks ITS Sukolilo, Surabaya, 60112 Telp. 031.5948060, Fax. 031.5948066
e-mail :samudro@bppt.go.id, baharuddin.ali@bppt.go.id

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. Ranpur berbobot 10,5 ton mempunyai kapasitas 10 personil, berkecepatan di darat 110 km/jam dan dirancang berkecepatan 9 km/jam di air. Pada tulisan ini secara numerik unjuk kerja hidromekanika ranpur (*amphibious mode*) dikaji, terutama karakteristik hidrostatis, aspek daya apung, aspek stabilitas serta karakteristik hidrodinamika, aspek tenaga penggerak untuk menjamin kenyamanan maupun keselamatan operasional ranpur di air. Ranpur dirancang dengan *displacement* penuh, prediksi hidrostatis ranpur menunjukkan sarat air/ ketenggelaman maksimum mencapai 1,5 m, disini ranpur tercelup hingga bukaan pintu masuk personil, namun ranpur masih mempunyai cadangan daya apung. Prediksi stabilitas ranpur menunjukkan, pada kondisi titik berat disekitar 1,25 m dari garis dasar, meski miring $\pm 60^\circ$, stabilitas ranpur masih dinilai optimum aman. Namun dengan bobot 10,5 ton, agar ranpur dapat melaju di air pada kecepatan 9 km/jam, diprediksi memerlukan tenaga penggerak ± 1600 HP. Padahal tenaga penggerak ranpur terpasang hanya sebesar 215 HP, sehingga kecepatan operasi di air dinilai tidak dapat terpenuhi. Karenanya bobot, bentuk dan kecepatan ranpur perlu ditinjau kembali. Secara umum unjuk kerja hidromekanika pengembangan disain ranpur-AAPC amfibi cukup baik.

Kata Kunci :Ranpur-AAPC, Aspek Hidromekanika, Sarat Air Maksimum, Stabilitas Optimum, Daya Gerak

Abstract

Amphibious Armored Personal Carrier (AAPC) Vehicle (ranpur) is a combat vehicle of military personnel carrier and can be used for the wet crossings in shallow waters. Ranpur is able to conduct an operation on the land and on the water and be developed for amphibious landing operation. Ranpur weighing 10.5 tons has the capacity of 10 personnel, land-speed 110 km/h and designed speed at 9 km/h speed on water. This paper numerically examines the ranpur-hydropneumatics performance on amphibious mode, particularly the characteristics of hydrostatic, related to the aspect of buoyancy, stability aspect as well as the characteristic of

hydrodynamic related to the aspect of propulsion to ensure the comfort as well as the operational safety of ranpur on the water. Ranpur is designed with a full displacement, based on the prediction result of hydrostatic performance by using a fully loaded condition, the ranpur has a maximum draft of about 1.5 m, the body of ranpur immersed up-to the openings of entrance personnel, it still have a buoyancy reserves. The Stability prediction indicates that the optimum stability of ranpur seem to be safe when the center of gravity is around 1.25 m above the base line, even it rolling on $\pm 60^\circ$. However, by using full loaded condition of 10,5 ton, it can be predicted need propulsion power of 1600 HP and by its existing propulsion power of 215 HP, the ranpur has been predicted to be unable to achieve the expected speed of 9 km/hour on the water. Therefore weights, shapes and ranpur-speed needs to be reviewed. In general, the hydromechanic performance of the design development of ranpur-AAPC for amphibious mission is good enough.

Keywords: AAPC (Amphibious Armored Personal Carrier), Hydromechanic Aspect, Maximum Draft, Optimum Stability, Powering

Diterima (received) : 13 Oktober 2017, Direvisi (revised) : 08 November 2017, Disetujui (accepted) : 29 November 2017

PENDAHULUAN

Peran, tugas dan fungsi strategis Tentara Nasional Indonesia (TNI) dalam rangka melaksanakan kebijakan pertahanan negara dapat dilakukan melalui kegiatan Operasi Militer Perang (OMP) maupun Operasi Militer Selain Perang (OMSP). Kegiatan disini terutama dalam bentuk pertahanan dan pengamanan wilayah teritorial darat, laut dan udara serta perbatasan termasuk alur pelayaran, laut kepulauan terluar maupun sungai dan perairan pedalaman^{1,2)}. 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, misipertama 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.

Meskipun di sini disadari bahwa dalam operasi amfibi juga mengandung resiko adanya halangan jebakan ranjau pantai dan tembakan terbuka alteleri musuh dari darat ke laut. Sedangkan pada misi kedua, operasi amfibi ditujukan untuk

pengamanan, penjagaan wilayah teritorial terutama pada kepulauan dan garis pantai terluar wilayah perbatasan maupun pada daerah operasi berawa dan sungai. Oleh karenanya untuk menunjang keberhasilan misi ini dukungan kemampuan teknis sarana operasi amfibi sangat diperlukan³⁾. Salah satu komponen sarana mobilitas pendukung untuk keberhasilan suatu gabungan operasi amfibi adalah perlu ketersediaan sarana militer kendaraan tempur (Ranpur) amfibi (*Amphibious Armored Personnel Carrier, AAPC*) multi fungsi. Sebagai kendaraan tempur AAPC harus memenuhi ketentuan khusus, seperti menggunakan pelat baja tahan peluru, bersenjata, sebagai pengangkut pasukan atau ambulan tempur yang mampu bergerak di medan tempur dengan tingkat kesulitan tertentu⁴⁾. Dalam kajian di sini ranpur-AAPC yang semula didisain sebagai wahana pengangkut personel pasukan infantri darat atau sebagai sub-sistem alat utama sistem persenjataan (alutsista) dalam mendukung daya gempur dan pergerakan operasi tempur penyerbuan maupun untuk patroli pasukan. Selanjutnya dikembangkan untuk mampu mendukung mobilitas penyeberangan pasukan pada perairan dangkal.

Varian ranpur-AAPC dalam satuan infantri TNI AD sebagai sub-sistem alutsista pendukung penyerbuan, perlu dirancang untuk kemudahan pengangkut pasukan dengan cepat dan mampu mengatasi segala medan^{5,6)}.

Berbeda dengan jenis kendaraan tempur darat, maka ranpur-AAPC berkemampuan amfibi harus memiliki konstruksi ringan, mampu beroperasi membawa personel di darat maupun di air dengan kecepatan tertentu. Untuk itu pada ranpur-AAPC perlu dirancang sebagai kendaraan tempur beroda ban berkapasitas angkut 10 orang personel dan 2

awak, dilengkapi sistem persenjataan senapan mesin ringan kaliber 12,7mm serta perlengkapan komunikasi. Ranpur ini harus mempunyai daya apung, stabilitas yang baik dan daya penggerak yang cukup, mampu mendaratkan pasukan pada kondisi perairan bergelombang rendah, operasi penyeberangan sungai dan handal beroperasi di daratan rawa-pantai. Sebagai tahap awal untuk melakukan disain ranpur amfibi-AAPC dapat dikembangkan dari konsep ranpur beroda ban pengangkut personel tipe sedang untuk mendukung mobilitas operasi militer darat⁽⁷⁾.

Tabel 1.
Spesifikasi teknik Ranpur-AAPS

No	Spesifikasi Teknis	Ukuran
1	Dimensi (LxWxH) /mm	6000x2500x2170
2	Bobot tempur /Ton	10,50
3	Jarak badan ke dasar /m	0,35
4	Mesin /HP – Cylinder	± 215 - 6
5	Kecepatan Darat /Air Km/jam	110 / 9
6	Konfigurasi	4 x 4
7	Awak / Personil	2 / 10

MATERI DAN METODOLOGI

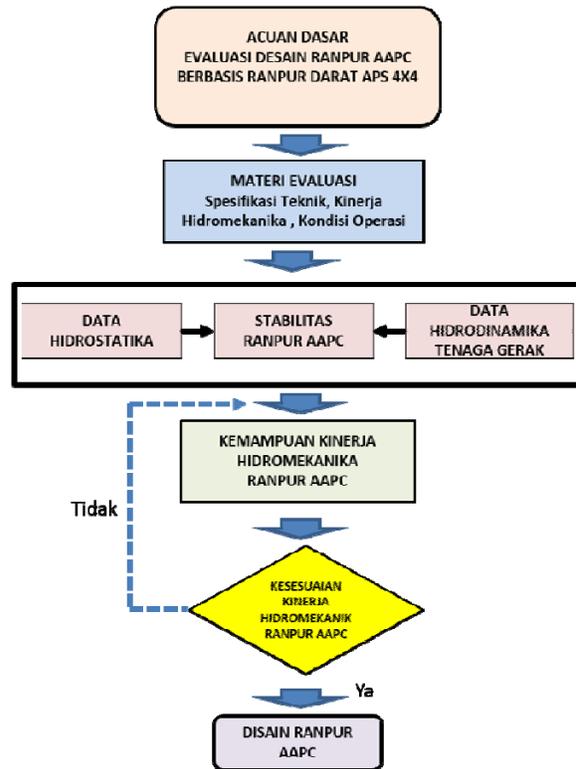
1. Materi Ranpur Amfibi APS 4x4



Gambar 1
Prototip Ranpur Darat-APS 4x4

Dalam materi kajian kinerja hidromekanika Ranpur Amfibi menggunakan data dari prototip Ranpur Angkut Personil Sedang (APS 4x4), produksi PT. PINDAD dengan spesifikasi teknik ditampilkan pada Tabel 1. Ranpur ini merupakan hasil kerjasama rancang bangun ranpur militer-darat antara BPPT dan PT. PINDAD. Hasil kajian pada prototip ini akan menjadi bahan masukan proses disain varian baru ranpur APS 4x4 yang dikembangkan untuk mampu beroperasi di air sebagai ranpur amfibi. Konfigurasi prototip ranpur APS 4x4 seperti ditampilkan pada Gambar 1.

2. Metodologi



Gambar 2.

Metodologi kajian disain Ranpur-AAPC

Pada tinjauan kajian di sini difokuskan untuk menganalisa kinerja hidromekanika pada disain awal ranpur-AAPC amfibi beroda ban yang dikembangkan dari basis disain ranpur darat. Tinjauan teknis yang dilakukan meliputi aspek hidrostatis pada daya apung, stabilitas dan hidrodinamika, untuk tenaga gerak (*powering*)⁽⁸⁾. Tinjauan unjuk kerja hidromekanika pada disain ranpur ini dilakukan dengan cara mengevaluasi melalui prediksi perhitungan numerik parameter-parameter aspek hidrostatis terutama daya apung.

Titik berat dan stabilitas (*intact stability*) dengan menggunakan pemrograman Matlab. Sedangkan untuk prediksi daya gerak (*powering*) dievaluasi pada kondisi ranpur-AAPC beroperasi dalam kondisi pendaratan amfibi dari laut ke pantai pada keadaan perairan berombak rendah.

Secara umum lingkup kajian unjuk kerja hidromekanika ranpur-AAPC dimulai dari Studi literature, Kajian acuan dasar, Pemodelan bentuk fisik lambung ranpur-AAPC, Perhitungan dan analisa data hidrostatis, Perhitungan dan analisa stabilitas dan Perhitungan tenaga gerak. Selanjutnya hasil perhitungan kemampuan kinerja hidromekanika desain ranpur divalidasi dengan ketentuan spesifikasi teknis, kinerja dan kondisi operasional sesuai yang ditetapkan. Pada Gambar 2 ditampilkan diagram metodologi kajian.

3. Peninjauan teoretis aspek Hidromekanika

3.1 Aspek Hidrostatika – Daya apung, Stabilitas

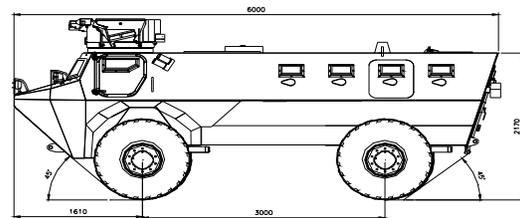
Padadisain ranpur amfibi-AAPC berbasis disain ranpur darat, maka aspek hidromekanika menjadi suatu hal yang penting didalami, terutama aspek data hidrostatika dan stabilitas. Saat beroperasi di air, aspek hidrostatika akan berkaitan dengan karakteristik bentuk lambung yang tercelup di air dan sistem 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.

3.2. Aspek 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.

3.3 Disain Lambung Ranpur-AAPC

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 mandiri⁶⁾. Data numerik model karakteristik ranpur yang diprediksi dibuat berdasarkan disain awal ranpur-AAPC yang dikembangkan oleh BPPT dan PT PINDAD, seperti ditampilkan pada Gambar 3.

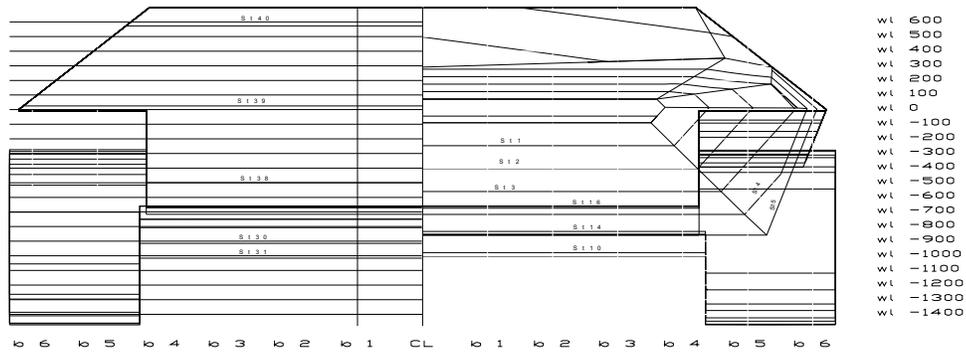


Gambar 3.
Disain Ranpur-AAPCBPPT - PT PINDAD

3.4 Rencana Garis Ranpur – AAPC

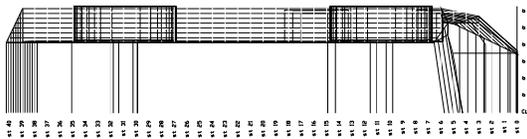
Rencana garis (*lines plan*) menggambarkan garis-garis yang membentuk disain lambung ranpur-AAPC sebagaimana ditampilkan pada contoh Gambar 3.1 Body-plan lambung ranpur-AAPC serta Gambar 3.2a *Lines-plan* dan Gambar 3.2b *Buttock-plan*. Karakteristik ranpur-AAPC memiliki bentuk kontur lambung menyiku seperti halnya lambung kapal berbentuk *chine* dengan lekukan menyiku. Penggambaran garis air (*water-line*) WL-0 dimulai pada garis air tepat menyentuh pada ujung lambung depan ranpur-AAPC, pada titik perpotongan antara garis tegak pada ujung lambung depan dan garis singgung lambung bawah bagian depan menerus ke roda ban luar membentuk sudut serang 45° dengan garis dasar (*baseline*).

Penggambaran rencana garis (*Lines-plan*) lambung ranpur-AAPC dibuat pada setiap garis air (*water-line*). Rancangan garis air digambar setiap 100 mm keatas sampai dengan WL+600, sedangkan ke bawah digambar sampai dengan WL -1400. Sebagaimana rencana garis ditampilkan pada Gambar 3.2a.

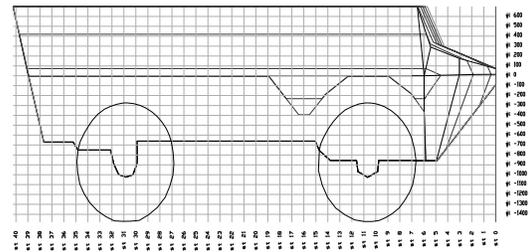


Gambar 3.1.
Body plan Ranpur-AAPC

Buttock-plan pada gambar 6 buah pada setiap jarak 349 mm pada setengah lebar lambung ranpur ke arah kanan dan ke kiri. Lambung depan ranpur membentuk sudut serang 45° dan bagian lambung belakang berbentuk transom

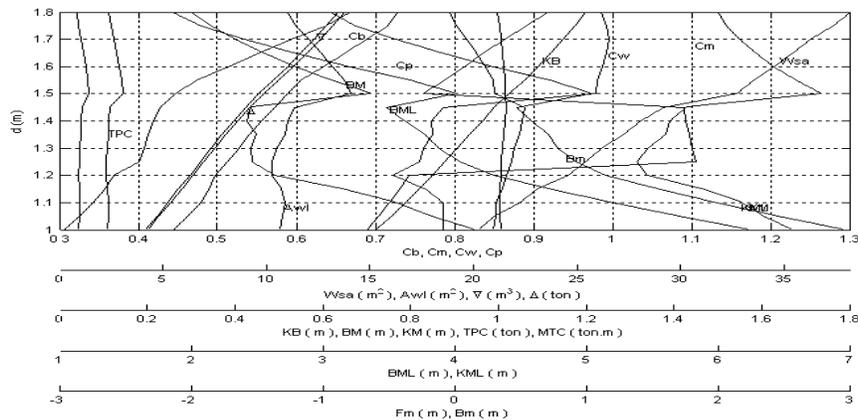


Gambar 3.2a.
Lines-plan Ranpur-AAPC



Gambar 3.2b.
Buttock-plan Ranpur-AAPC

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4.
Grafik parameter Hidrostatik Ranpur-AAPC

Dari data numerik *body-plan*, *lines-plan* dan *buttock-plan* ranpur-AAPC yang ada dilakukan perhitungan numerik untuk mengetahui karakteristik parameter hidrostatika maupun kemampuan intact-stabilitas ranpur pada kondisi di air tenang. Hasil

perhitungan karakteristik hidrostatika ranpur-AAPC disampaikan dalam grafik sebagaimana pada Gambar 4.

1. Tinjauan Hidrostatika Ranpur-AAPC

Saat ranpur-AAPC mengapung di air sedikitnya ada 2 jenis gaya utama yang bekerja, gaya berat (*weight*) bekerja pada pusat berat dan gaya apung (*buoyancy*) bekerja pada pusat gaya apung. Besar gaya berat tergantung pada massa ranpur-AAPC, sedangkan besar gaya apung tergantung pada bagian lambung berisi udara yang tercelup di bawah permukaan air (*immersed body*). Perhitungan hidrostatika secara umum yang digunakan untuk disain ranpur ampibi-AAPC sebagaimana digunakan pada perhitungan teknik perkapalan (*naval architecture technology*), meliputi perhitungan volume lambung tercelup di air (*displacement*), luas permukaan basah lambung, luas garis air, posisi titik apung, posisi titik berat, luas penampang melintang lambung,

Koefisien bentuk lambung pada setiap beda ketinggian 50mm sarat air serta data perubahan berat dan momen setiap perubahan ketinggian sarat air. Data karakteristik parameter hidrostatika ranpur-AAPC ditampilkan pada Gambar 4. Pada gambar-gambar grafik di sini salah satunya memberikan gambaran umum distribusi berat rancangan ranpur-AAPC saat mengapung. Dari hasil perhitungan disain dapat dihitung total berat ranpur-AAPC, meliputi berat konstruksi dan berat muatan penuh sebesar 10,5 ton, maka dari hasil prediksi hidrostatika pada Gambar 4. dapat diketahui bahwa sarat air yang terjadi adalah 1,5 m. Dari prediksi ini diketahui bahwa ranpur-AAPC masih dapat mengapung meski dengan kondisi sarat air sedikit di bawah pintu masuk pengemudi dan separuh tinggi pintu belakang sudah tertutup air. Dalam kondisi ini ranpur-AAPC masih dapat beroperasi dengan baik dengan asumsi sistem kekedapan air pada jendela, pintu dan bukaan pada badan ranpur-AAPC cukup baik, sehingga air tidak dapat masuk ke ruang dalam ranpur-AAPC.

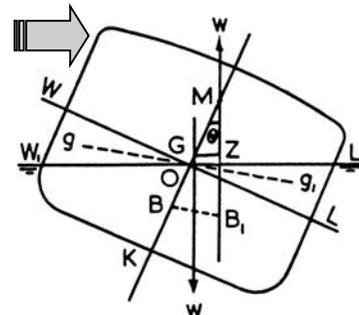
2. Prediksi Stabilitas Ranpur-AAPC

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⁽⁹⁾.

Pada Gambar 5 dijelaskan bahwa sebuah benda yang mengapung stabil di air tercelup pada garis air WL, sedikitnya ada dua jenis gaya yang bekerja, gaya berat (*weight*) dan gaya apung (*buoyancy*) yang berlawanan arah, bekerja pada titik pusat berat G dan titik apung B yang bekerja pada garis lurus, sehingga titik referensi dasar K, titik B dan titik G merupakan garis lurus. Jika benda tersebut diberi gangguan gaya dari luar (*external force*),

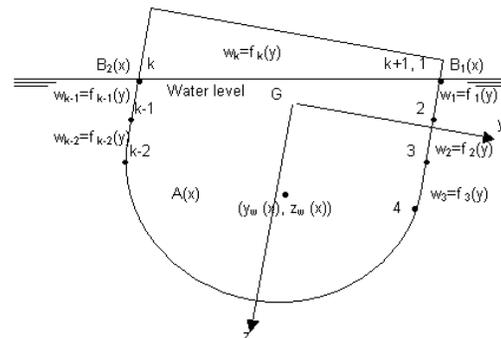
maka benda akan oleng dengan sudut (Θ) pada salah satu sisi. Jika gaya luar tersebut dihilangkan, maka ada tiga kemungkinan yang akan dialami oleh benda tersebut. Keadaan pertama adalah benda akan kembali pada posisi semula tegak, keadaan ini disebut keadaan stabil (stabilitas positif). Keadaan kedua, 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 6 :



Gambar 6. Model potongan melintang benda apung

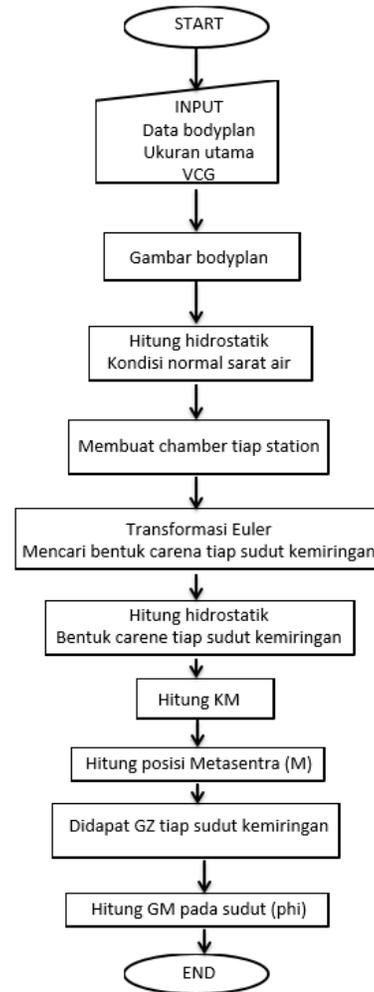
$$A(x) = \sum_{j=1}^k \int_{y_j}^{y_{j+1}} \left[\int_{a_j y + b_j}^0 dz \right] dy \quad (1);$$

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

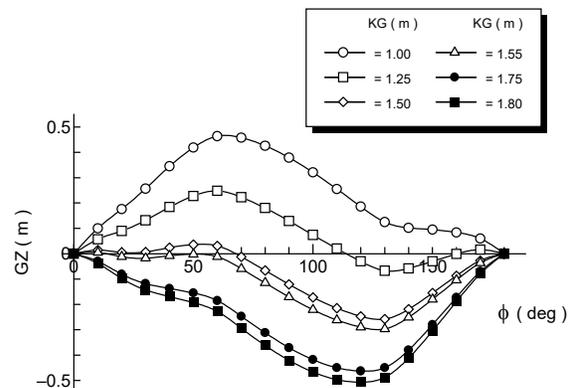
$$z_w(x) = \frac{\sum_{j=1}^k \int_{y_j}^{y_{j+1}} \left[\int_{a_j y + b_j}^0 z dz \right] dy}{\sum_{j=1}^k \int_{y_j}^{y_{j+1}} \left[\int_{a_j y + b_j}^0 dz \right] dy} \quad (3);$$

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 $y_w(x)$ dan $z_w(x)$ 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.

Pada saat dilakukan disain sebuah ranpur-AAPC, harus dirancang untuk memenuhi kriteria kestabilan minimum serta tinggi GM harus bernilai positif atau $GM > 0$. Melalui pemrograman Matlab dengan alur perhitungan sebagaimana ditampilkan pada Gambar 7, maka hasil simulasi prediksi nilai stabilitas GM pada perhitungan disain ranpur-AAPC dapat dihitung dan ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 7. Diagram alur perhitungan lengan stabilitas (GZ) dan nilai stabilitas (*Intact Stability*) GM Ranpur-AAPC



Gambar 8. Grafik lengan stabilitas disainRanpur-AAPC

Pada gambar 8 ini prediksi stabilitas ranpur dilakukan dengan memvariasikan tinggi KG, yaitu dengan meletakkan titik berat vertikal, dihitung dari bagian terbawah badan ranpur-AAPC, masing-masing antara ketinggian 1 m sampai dengan 1.8 m.

Dari simulasi diketahui bahwa titik berat vertikal yang optimum adalah terletak diantara posisi 1 m sampai dengan 1.5 m, dengan nilai GM yang terjadi bernilai positif dan mempunyai lengan stabilitas GZ lebih besar dibandingkan dengan posisi titik berat yang lain. Panjang lengan pengembali GZ tertinggi adalah sekitar 0.5 m pada tinggi KG = 1 m. Lebih rinci dari Gambar 8. tampilan grafik lengan stabilitas Ranpur-AAPC dapat dianalisa bahwa lengan stabilitas GZ untuk penempatan KG = 1 m maupun untuk KG = 1,25 m menunjukkan nilai curva lengan stabilitas GZ bernilai positif dan mempunyai titik belok maksimum disekitar sudut kemiringan tenggelam ranpur-AAPC sekitar 60°.

Mengingat bentuk disain ranpur-AAPC yang tersedia sudah dirancang seperti pada Gambar 3, maka untuk mendapatkan nilai GM positif yang lebih tinggi yaitu dengan cara menempatkan titik berat G ranpur lebih rendah dari 1 m sudah tidak memungkinkan. Dengan mengatur titik berat G kurang dari 1 m dari garis dasar akan berakibat menurunkan peletakan komponen dan badan ranpur lebih rendah, hal ini akan merugikan sebab mengurangi cadangan daya apung.

Sedangkan untuk pengaturan titik berat memanjang, perlu disesuaikan dengan kondisi pemuatan dan distribusi berat komponen ranpur sehingga tidak terjadi kondisi trim belakang atau depan saat dilakukan perhitungan stabilitas ranpur.

3. Prediksi Powering Ranpur-AAPC

Tenaga penggerak (*powering*) pada ranpur-AAPC dipengaruhi oleh besarnya luasan basah (S) atau lambung ranpur yang tercelup bawah air. Dari data numerik disain ranpur-AAPC yang dibuat pada Gambar 3.2a Lines-plan dan Gambar 3.2b *Buttock-plan*, terlihat karakteristik lambung berbentuk *chine* dengan lekukan menyiku. Kecenderungan bentuk lambung seperti ini memiliki tahanan air yang besar karena pola aliran yang ditimbulkan saat ranpur beroperasi di air tidak *stream line*¹⁰. Karena ranpur-AAPC tidak dirancang untuk bergerak dengan kecepatan tinggi saat beroperasi di air dan juga adanya pertimbangan teknis operasional sebagai ranpur amfibi-AAPC beroda ban untuk mampu beroperasi di darat sebagai pengangkut personil pasukan, maka batasan disain awal ranpur menjadi bahan pertimbangan utama dalam pengembangan disain untuk misi amfibi.

Dengan berat total ranpur-AAPC mencapai 10,6Ton, maka ketenggelaman badan ranpur/sarat air dan luas permukaan basah badan ranpur dapat dilihat dari grafik pada Gambar 4. Besar

kebutuhan tenaga gerak (*powering*) ranpur amfibi di air dihitung berdasarkan persamaan (4) ¹¹ sebagai berikut :

$$F = \frac{1}{2} \rho S V^2 \quad (4)$$

F = Hambatan air pada ranpur (N)

ρ = Masa jenis air laut (Kg/m³)

S = Luas permukaan basah ranpur (m²)

V = Kecepatan operasional ranpur di air (m/det)

Dengan ditetapkan kecepatan operasional ranpur di air tenag sekitar 9km/jam, maka dari data hidrostatis ranpur-AAPC pada Gambar 4, terlihat besartenaga gerak ranpur pada kondisi sarat air 1,5 m dapat prediksi besar daya mesinnya mencapai 443,53 KN atau setara dengan 1600 HP. Besarnya daya gerak yang dibutuhkan ini tidak sebanding dengan besar daya mesin terpasang pada ranpur yaitu sebesar 215 HP. Oleh karena itu ditinjau dari aspek tenaga gerak (*powering*) ranpur pada kondisi amfibi kebutuhan daya mesin tidak mencukupi, sehingga harus disediakan sistem penggerak khusus dengan daya yang cukup dan/atau dapat juga dengan menurunkan spesifikasi kecepatan operasi ranpur.

SIMPULAN

Dari kajian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan dilakukan pembuatan model numerik varian desain ranpur-AAPC versi amfibi, maka data hidrostatis 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 hidrostatis terlihat bahwa distribusi titik apung ranpur-AAPC cukup baik. Dikarenakan bentuk badan ranpur yang tercelup di air cukup lebar mengakibatkan ranpur cukup stabil. Dengan kondisi sarat air maksimum ranpur mencapai 1,5 m, pada disain terlihat pintu masuk ranpur di bagian belakang sebagian sudah terendam air. Untuk itu guna menjamin daya apung ranpur, sistem kekedapan air pada bukaan pintu perlu dijamin bagus. Dari hasil simulasi stabilitas ranpur dapat diketahui bahwa titik berat vertikal ranpur paling optimum terletak vertikal di titik1 sampai dengan 1.25 m dari garis dasar. Hal ini mengakibatkan tinggi lengan stabilitas GZ mencapai nilai maksimum pada sudut tenggelam sekitar 60°

Tersedianya besar daya mesin ranpur yang ada dinilai tidak mencukupi untuk memenuhi kecepatan ranpur saat beroperasi di air akibat besar hambatan gesek air pada badan ranpur. Secara umum dari hasil kajian hidromekanika ranpur-AAPC menunjukkan bahwa unjuk kerja

pengembangan awal desain ranpur-AAPC untuk misi amfibi cukup baik.

SARAN

Dalam kajian ini prediksi numerik memberikan kondisi batas matematis dalam penyelesaian penilaian unjuk kerja hidromekanika ranpur-AAPC. Untuk itu pengujian model fisik pada kolam uji sangat dibutuhkan guna memberikan gambaran kondisi dinamis model ranpur saat beroperasi di air.

Pengujian model fisik yang dilakukan meliputi uji gerak (*seakeeping, maneuvering*) dan peluncuran (*launching*) ranpur dari kapal pengangkut guna mengetahui unjuk kerja ranpur amfibi di air tenang maupun bergelombang serta uji tarik (*resistance*) guna mengetahui besar daya mesin yang dibutuhkan saat ranpur beroperasi di air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Studi kinerja hidromekanika disain awal ranpur amfibi beroda ban merupakan bagian program kegiatan PTIPK BPPT yang didukung oleh kerjasama Rancang bangun Panser APC beroda ban 4x4 - BPPT dan PT PINDAD untuk pengembangan ranpur amfibi produk dalam negeri. Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan kajian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Undang-undang TNI No. 34 Tahun 2004

2. Soeparna, Laksamana TNI, *TNI AL Dalam Penegakan dan Pengamanan Wilayah Laut Yurisdiksi Nasional dan Pulau Terluar*, Majalah TNI Patriot, Ed. Khusus, No. 92, Thn. XIII, Oktober 2012. p.18
3. Operasi Amphibi, Edisi. Koleksi Angkasa XXVIII, PT Gramedia, Jakarta, p.14.
4. G.H Hohl, *Military Terrain Vehicles*, Journal of Terramechanics, 2007, No. 44, p 23-34, Elsevier.
5. R.P Hunnicutt, *Armored Car*, Presidio Press, Novato-CA, 2002, p.211.
6. D.A Sloss, W.J Baker, D.M Lassaline, C.E.C.F Miranda, *The Military Water-Crossing Problem*, Journal of Terramechanics, 1967, Vol. 4, No. 4, p. 55-71, Pergamon Press Ltd, Great Britain
7. Baharuddin A, *Lap. Evaluasi Kinerja Ranpur Amphibi*, UPT Balai Pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika, BPPT, Surabaya, 2008 (Tidak dipublikasikan)
8. S. Helvacioğlu, I.H Helvacioğlu, B. Tuncer. *Improving The River Crossing Capability of an Amphibious Vehicle*, Journal Ocean Engineering, No. 38, 2011, p 2201-2207., Elsevier.
9. K.J Rawson, E.C Tupper, *Basic Ship Theory*, Vol. 1, 3rd ed, Longman Scientific & Technical, England.
10. I.R Ehrlich, I.O Kamm, G. Worden, *Water Performance of Amphibious Vehicles, Part I Drag and Water Speeds*, Journal of Terramechanics, 1970, Vol. 7, No 2, p.61-102, Pergamon Press Ltd, Great Britain.
11. Sv. Aa Harvald. *Tahanan dan Propulsi Kapal* (Terjemahan), Airlangga University Press, Surabaya, 1992.

