

Pengembangan Rancangan *Nozzle Waterjet* untuk Meningkatkan Kecepatan Renang pada Tank BMP-3F (*Infantry Fighting Vehicle*)

Rozzaqi, A.Y., Surjo, W.A., Edy, J.

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: surjowidodo.adji@gmail.com, gusjadmiko@gmail.com

Abstrak—Negara Kepulauan Republik Indonesia (NKRI) memiliki wilayah perairan yang luas, sehingga pertahanan negara di sektor perairan menjadi lebih dirapatkan. Strategi yang dibentuk adalah dengan memproduksi dan membeli kendaraan tempur. Salah satu kendaraan yang dibeli adalah tank amfibi BMP-3F buatan rusia. Kendaraan tank ini ketika dioperasikan di perairan hanya mencapai kecepatan 10 km/h, oleh karena itu akan dilakukan pengembangan perancangan nozzle waterjet untuk dapat meningkatkan kecepatan renang dari tank BMP-3F. Sehingga dilakukan beberapa modifikasi dari variasi nozzle yang akan dianalisa menggunakan SolidWorks yakni variasi diameter nozzle dari kondisi awal 140 mm hingga menjadi 110 mm, serta perbedaan sudut nozzle yang nantinya akan membentuk cone, dari 1⁰ hingga 4⁰, serta penambahan ulir pada sisi outlet water jet. Dari hasil analisa data dan perhitungan diperoleh untuk hasil thrust tertinggi dengan bentuk nozzle cone variasi 4⁰ menghasilkan thrust sebesar 146,347 kN dengan kecepatan renang meningkat sebesar 89% dari kecepatan awal yakni menjadi 10,017 knot pada saat thrust deduction factor sebesar 0,3076.

Kata kunci—Tank BMP-3F, peningkatan kecepatan renang, modifikasi, analisa SolidWorks.

I. PENDAHULUAN

NEGARA Kepulauan Republik Indonesia (NKRI) dikenal juga sebagai Negara maritim, dimana NKRI memiliki wilayah laut yang luas dari pada daratan yang dimiliki, oleh karena itu, sebagian besar sistem pertahanan negara banyak difokuskan pada sistem keamanan laut. Tank adalah kendaraan tempur lapis baja yang bergerak menggunakan roda berbentuk rantai. Ciri utama tank adalah pelindungnya yang biasanya adalah lapisan baja yang berat, senjatanya yang merupakan meriam besar, serta mobilitas yang tinggi untuk bergerak dengan lancar di segala medan. Unsur paling utama adalah personel pembawa senjata atau pasukan infanteri.

Beberapa waktu lalu, Indonesia mendapatkan kiriman tank baru untuk marinir TNI-AL. tank ini merupakan tank amfibi buatan rusia dengan tipe BMP-3F. pada tahun 2008 indonesia juga telah membeli sejumlah 17 unit tank BMP-3F. Dari segi teknologi, kendaraan tempur ini dipersenjatai dengan meriam 100mm meriam peluncur roket (turret) kanon otomatis dengan caliber 30 mm, 7,62 mm machinegun sebanyak 5 buah. Tank BMP-3F ini mampu membawa pasukan hingga 10 orang yakni dengan rincian 3 orang (commander, gunner, dan driver) serta 7 orang pasukan. Kendaraan tempur ini memiliki bobot kurang lebih 18,7 ton dengan panjang keseluruhan 7200 mm, dan panjang

dihitung dari hull 6715 mm, lebar 3300 mm, dan tinggi 2300 mm, serta memiliki ground clearance sebesar 450 mm. travelling speed tank ini pada kondisi dirty road mencapai 45 km/h, pada jalan raya rata-rata mencapai 60 km/h dengan kecepatan maksimum pada jalan raya 70 km/h, tetapi untuk kecepatan renangnya hanya mencapai 10 km/h. karena kecepatan renangnya yang hanya 10 km/h.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa peningkatan kecepatan renang dari tank BMP-3F dengan melakukan variasi pada nozzle waterjetnya. Variasi yang dilakukan untuk nozzle waterjet adalah melakukan perubahan diameter serta penambahan ulir pada sisi outlet nozzle dari waterjet yakni yang semula memiliki diameter sebesar 140 mm, diturunkan menjadi 130 mm, 120 mm, dan 110 mm. Variasi yang kedua yang dilakukan adalah mengenai bentuk nozzle yang berupa cone dengan perubahan sudut 1⁰, 2⁰, 3⁰, dan 4⁰.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Propulsi Waterjet

Pada sistem propulsi water jet, dengan adanya aksi gaya dorongan menyebabkan kapal dapat bergerak ke depan dengan kecepatan tertentu. Gaya dorong (thrust) yang dihasilkan sistem propulsi water jet diakibatkan karena adanya kenaikan momentum aliran dari saluran inlet sampai outlet nossel. Dengan adanya isapan pada lubang inlet maka akan muncul gesekan dari permukaan bawah badan kapal yang akan menimbulkan kecepatan aliran tertentu pada lubang inlet, untuk perhitungan mengenai gaya dorong dari sistem waterjet dapat dirumuskan[1] :

$$T = \rho A_n V_j (V_j - V_i)$$

Dimana :

- T = Gaya dorong
- m = laju aliran fluida
- ρ = massa jenis fluida kerja
- A_n = penampang outlet nozzle
- V_j = kecepatan aliran jet
- V_i = kecepatan efektif aliran inlet

Untuk waterjet propeller pada tank ini di desain sebagai penggerak utama saat tank beroperasi di atas air. Tank ini dilengkapi dengan dua waterjet-propeller yang diletakkan pada bottom plate di sisi kiri dan kanan dari tank. Selama

pergerakan kapal saat maju, air dihisap masuk ke dalam water conduits, masuk ke dalam impeller dan dipompakan keluar. Gaya dorong yang dihasilkan melalui adanya perbedaan kecepatan aliran di sisi inlet dan outlet. Semakin cepat kecepatan aliran pada sisi outlet maka semakin besar pula gaya dorong yang dihasilkan [4].

Hubungan Antara Gaya Dorong dengan Kecepatan

Secara umum kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, maka akan mengalami gaya hambat (*resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (*propulsor*). Pada kondisi yang sangat-sangat ideal, besarnya gaya dorong yang dibutuhkan mungkin sama besar dengan gaya hambat yang terjadi dikapal. Namun kondisi tersebut sangatlah tidak realistis, karena pada faktanya di badan kapal tersebut terjadi fenomena hidrodinamis yang menimbulkan *degradasi* terhadap nilai besaran gaya dorong kapal. Secara sederhana tahanan gesek dari kapal dapat ditulis [2]:

$$R = 0,5 \times \rho \times C_f \times S \times V_s^2$$

Karena massa jenis fluida, koefisien tahanan, dan nilai 0,5 adalah konstan (k), maka dapat ditulis :

$$R = k \times V_s^2$$

Jika diketahui bahwa $R = T(1-t)$ dan $V_a = V_s(1-w)$ dimana t dan w merupakan *propulsion parameters*, dimana t adalah *Thrust Deduction Factor* sedangkan, w adalah *wake fraction*

Maka dapat disubstitusikan sebagai berikut :

$$R = k \times V_s^2$$

$$T(1-t) = k [V_a/(1-w)]^2$$

$$T = \frac{k V_a^2}{(1-t)(1-w)^2}$$

$$T = \frac{0,5 C_f \rho S V_a^2}{(1-t)(1-w)^2}$$

Sehingga dapat diketahui bahwa antara thrust dan Kecepatan memiliki hubungan yang linear.

Dimana:

| | |
|--------|---|
| R | = Tahanan Kapal (Newton) |
| ρ | = massa jenis Air/Fluida Kerja (Kg/m ³) |
| C_f | = Koefisien Tahanan Gesek |
| S | = Luas Permukaan Basah (m ²) |
| V_s | = Kecepatan Dari kapal (knot atau m/s) |
| V_a | = Advance Speed (m/s) |
| S | = Luas Permukaan Basah (m ²) |

SolidWorks

SolidWorks adalah 3D mekanik CAD (computer-aided design) program yang berjalan pada Microsoft Windows dan sedang dikembangkan oleh Dassault Systèmes SolidWorks Corp , anak perusahaan dari Dassault Systèmes, SA (Vélizy , Prancis). *SolidWorks* saat ini digunakan oleh lebih dari 2 juta insinyur dan desainer di lebih dari 165.000

perusahaan di seluruh dunia. FY2011 pendapatan untuk *SolidWorks* adalah 483 juta dolar.

Perusahaan *SolidWorks* didirikan pada bulan Desember 1993 oleh Jon Hirschtick dengan kantor pusat di Waltham, Massachusetts, Amerika Serikat, yang direkrut tim insinyur untuk membangun sebuah perusahaan yang mengembangkan perangkat lunak CAD 3D yang mudah digunakan, terjangkau dan tersedia pada desktop Windows, dengan kantor pusatnya di Concord, Massachusetts, dan merilis produk pertama, *SolidWorks 95*, pada tahun 1995. *SolidWorks* saat ini pasar beberapa versi dari perangkat lunak *SolidWorks CAD* selain *eDrawings*, alat kolaborasi, dan *DraftSight* , produk CAD 2D. Pada tahun 1997 Dassault Systèmes, paling dikenal untuk nya CATIA software CAD, mengakuisisi perusahaan dan saat ini memiliki 100% sahamnya.

Metode Pemodelan

SolidWorks adalah Parasolid berbasis padat modeler , dan memanfaatkan fitur berbasis parametrik pendekatan untuk membuat model dan rakitan. Parameter mengacu pada kendala yang nilainya menentukan bentuk atau geometri dari model atau perakitan. Parameter dapat berupa parameter numerik, seperti panjang garis atau diameter lingkaran, atau parameter geometris, seperti tangen, paralel, konsentris, horizontal atau vertikal, dll parameter angka dapat dikaitkan dengan satu sama lain melalui penggunaan hubungan, yang memungkinkan mereka untuk menangkap maksud desain. Maksud desain adalah bagaimana pencipta sebagian menginginkannya untuk merespon perubahan dan pembaruan. Misalnya, Anda ingin lubang di bagian atas minuman bisa untuk tinggal di permukaan atas, terlepas dari tinggi atau ukuran bisa. *SolidWorks* memungkinkan Anda untuk menentukan bahwa lubang adalah fitur di permukaan atas, dan kemudian akan menghormati maksud desain Anda tidak peduli apa tinggi kemudian Anda berikan ke kaleng.

Format File

File *SolidWorks* menggunakan Microsoft Structured Penyimpanan format file. Ini berarti bahwa terdapat berbagai file tertanam dalam setiap SLDDRW (menggambar file), SLDPRT (bagian file), SLDASM (perakitan file) file, termasuk bitmap pratinjau dan metadata sub-file. Berbagai alat pihak ketiga (lihat COM penyimpanan Terstruktur) dapat digunakan untuk mengekstrak sub-file, meskipun subfiles dalam banyak kasus menggunakan format file biner proprietary. *Solidworks 2010 SP3.1* membuka / menyimpan format file berikut:

- *SolidWorks Files* (*.slddrw, *.sldprt, *.sldasm, *.),
- *Bagian Files* (*.prt, *.sldprt),
- *Majelis Files* (*.asm, *.sldasm, *.),
- *Menggambar File* (*.drw, *.slddrw.),
- *DXF* (*.dxf), *DWG* (*.dwg),
- *Adobe Photoshop Files* (*.psd),
- *Adobe Illustrator Files* (*.ai),
- *Lib Feat Bagian* (*.lfp, *.sldlfp),
- *(* Drwdot, Prtdot, *.asmdot, *) Template*,
- *Parasolid* (*.x_t, *.x_b, *.smt_txt, *.xmt_bin),
- *Stereolithographic STL* (*.stl)
- *IGES* (*.igs, *.iges.),
- *LANGKAH AP203/214* (*.langkah., *.stp),
- *ACIS* (*.duduk), *VDAFS* (*.vda),
- *VRML* (*.wrl)

- Catia Graphics (*. CGR),
- ProEngineer Bagian (*. prt, *. prt *, *. xpr.),
- ProEngineer Majelis (*. asm, * asm *, *. XAS..),
- UGII (*. Prt),
- Autodesk Inventor Bagian (*. IPT),
- Autodesk Majelis (*. Iam),
- Solid Edge Part (PSM *. par, *.),
- Solid Edge Majelis (*. asm),
- CADKEY (*. Prt, *. CKD),
- Add-in (*. dll),
- IDF (*. Emn, *. Brd, *. Bdf, * IDB).

III. METODE PENELITIAN

Penyusunan penelitian ini didasarkan pada sistematika metodologi yang dijabarkan berdasarkan urutan diagram alir/flowchart (gambar 3.1), dan untuk penjelasan seluruh proses dijelaskan sebagai berikut.

A. Persiapan

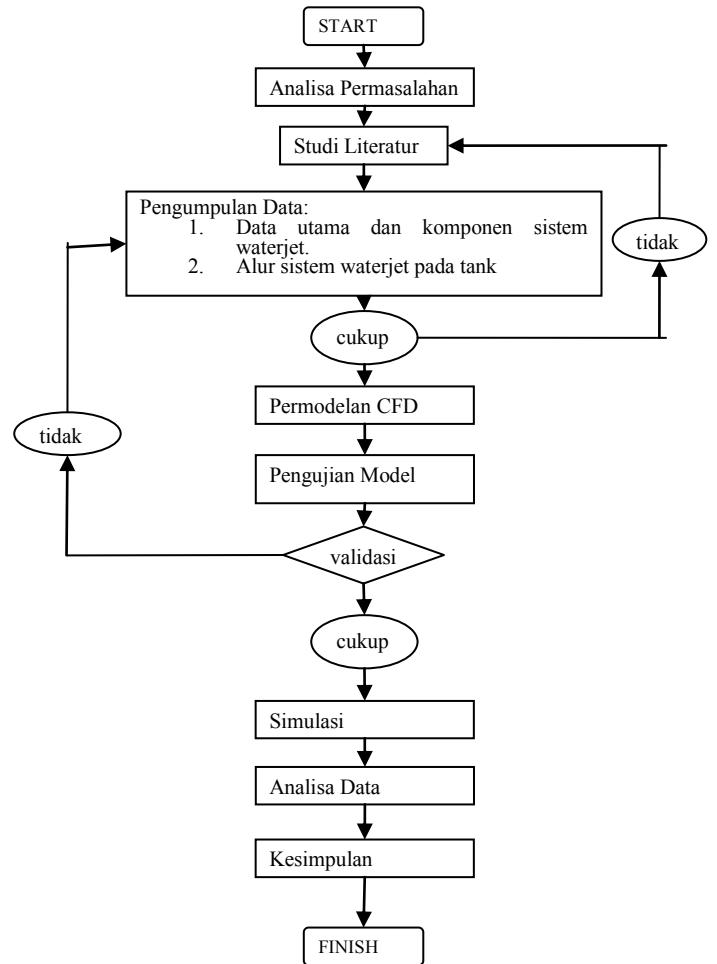
Pada tahapan persiapan ini akan dilakukan studi literatur berasal dari buku operasional dari tank BMP-3F serta dilakukan peninjauan permasalahan mengenai peningkatan kecepatan renang pada tank BMP-3F dan dilakukan studi literatur mengenai hal-hal yang diperlukan dalam pengerjaan yang menyangkut sistem waterjet dan tank amfibi BMP-3F. data diperoleh dari lapangan berupa dimensi utama dari tank BMP-3F, power dari engine, dimensi dari waterjet, dan kecepatan dari tank pada asat beroperasi di air.

B. Pembuatan Model dengan Bantuan SolidWorks

Pembuatan model dari tank dan waterjet akan dilakukan dengan menggunakan bantuan software SolidWorks yang kemudian model tersebut merupakan patokan awal yang akan digunakan untuk memvariasikan diameter dari nozzle waterjet. Pembuatan model dari waterjet dilakukan menggunakan bantuan software SolidWorks 2011, dari pembuatan model digambar waterjet dari tank BMP-3F secara terpisah dari bodynya. Hal ini dilakukan untuk menganalisa aliran yang berada di dalam waterjet untuk diketahui kecepatan aliran yang keluar dari waterjet. Setelah dilakukan penggambaran dari waterjet dilakukan dapat langsung *dirunning* untuk mendapatkan analisa aliran.

C. Pengujian Model

Pengujian model dari waterjet dilakukan dengan software SolidWorks sendiri. Sebelum model akan *dirunning* kemungkinan ada beberapa parameter yang harus dilengkapi, antara lain data mengenai material yang dialirkan pada model, yakni diambil air dengan suhu 30⁰, jenis aliran yang ada dalam waterjet, yakni ada aliran laminar sebelum masuk ke impeller dan aliran turbulence setelah masuk ke impeller. Aspek yang terakhir adalah iterasi dari model. Iterasi model dimaksudkan untuk mengetahui jumlah peninjauan yang dilakukan untuk 1 model tersebut, dalam hal ini dimasukan iterasi sebesar 100. Setelah semua data dimasukan, model *dirunning*, dari hasil running diperoleh kecepatan aliran pada outlet waterjet, kontur aliran pada bagian dalam waterjet, dan kontur tekanan dari body waterjet.



Gambar. 1. Flowchart metodologi penelitian.

D. Validasi

Untuk validasi data merupakan perbandingan data yang diperoleh dari hasil *running* model dengan hasil model yang ada di lapangan. Hasil ini dibandingkan dan nantinya akan dicari mengenai selisih kecepatan dari kedua kondisi, yang nantinya akan dijadikan patokan bahwa selisih itu tersebut merupakan toleransi dari model dengan kondisi riil di lapangan.

E. Simulasi

Simulasi dilakukan dengan beberapa variasi dari model. Antara lain adalah variasi diameter nozzle, mulai dari diameter asli sebesar 140 mm, berkurang menjadi 130 mm, 120 mm, 110 m, dan mencapai diameter 100 mm. Untuk variasi ke dua merupakan variasi dari sudut propeller mulai dari sudut 1⁰, 2⁰, 3⁰, 4⁰. Dari model yang kemudian akan *dirunning* and diperoleh kecepatan aliran pada sisi outlet.

F. Analisa Data

Setelah diperoleh data kecepatan aliran pada sisi outlet akan dilakukan perhitungan dan analisa mengenai kecepatan dari tank BMP-3F dengan bentuk nozzle yang baru.

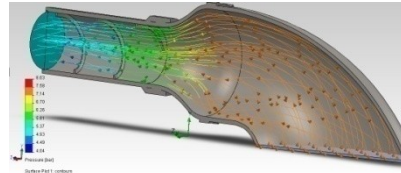
G. Kesimpulan

Pada tahapan ini merupakan penyusunan kesimpulan berdasarkan dari analisa data yang dilakukan. Dari sini akan diperoleh diameter nozzle dari waterjet tank BMP-3F dan kecepatan renangnya yang baru. Diagram alur pengerjaan penelitian diberikan pada Gambar 1.

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Model dari Hasil Simulasi

Analisa yang digunakan dari flow analysis tree dapat menghasilkan hasil kecepatan aliran yang keluar dari outlet (m/s) dan didapatkan pula parameter tekanan yang bekerja (bar) (lihat Gambar 2 dan 3).



Gambar. 3. Kontur Tekanan.

B. Variasi Dan Hasil Analisa Variasi

Berdasarkan batasan maalh dan rancangan pembahasan sebelumnya maka didapatkan jenis variasi diberikan pada Tabel 1.

Dan setelah semua rancangan model dilakukan analisa dengan SolidWorks maka dapat dipaparkan dalam tabel, hasil yang diperoleh dari hasil analisa SolidWorks mengenai kecepatan aliran dan tekanan dari dindingdiberikan pada Tabel 2.

Dari kecepatan outlet yang diperoleh dari hasil analisa CFD, maka dapat dilakukan perhitungan mengenai gaya dorong/thrustnya. Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$T = \rho An Vj (Vj-Vi)$$

Dimana :

- T = Gaya dorong
- m = laju aliran fluida
- ρ = massa jenis fluida kerja
- An = penampang outlet nozzle
- Vj = kecepatan aliran jet
- Vi = kecepatan efektif aliran inlet

Dimana jika dilakukan perhitungan dengan diameter nozzle 140 mm /sama dengan kondisi di lapangan maka diperoleh hasil gaya dorong/thrust dari waterjet,

$$\begin{aligned} T &= \rho An Vj (Vj-Vi) \\ &= 1,025 \times (3,14 \times 7^2) \times 17,49(17,49 - 2,78) \\ &= 40302,30 \text{ Newton} = 40,30 \text{ kN} \end{aligned}$$

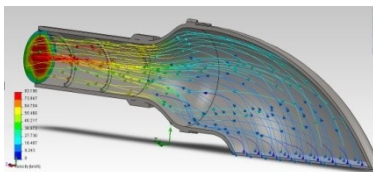
Dan dari hasil keseluruhan variasi nozzle, jika dilakukan perhitungan mengenai gaya dorongnya akan mendapatkan hasil pada Tabel 3.

Dari hasil thrust yang diperoleh dihitung kecepatan dengan persamaan :

$$T = \frac{0,5 Cf p S Va^2}{(1 - t)(1 - w)^2}$$

diperoleh hasil pada Tabel 4.

Dikarenakan adanya thrust deduction factor yang dilakukan variasi pula maka juga perlu dihitung kecepatan yang terjadi saat thrust deduction factornya divariasikan. Dari hasil variasi thrust deduction factor didapatkan hasil pada Tabel 5.



Gambar. 2. Kontur Aliran.

Tabel 1. Variasi Model Nozzle

| No | Jenis Variasi | Sketsa Variasi | Diameter | |
|----|----------------------|---|----------|------|
| | | | 1 | 2 |
| 1 | Diameter 13 |  | 13 | 13 |
| | Diameter 12 | | 12 | 12 |
| | Diameter 11 | | 11 | 11 |
| 2 | Sudut 1 ⁰ |  | 14 | 12,6 |
| | Sudut 2 ⁰ | | 14 | 11,2 |
| | Sudut 3 ⁰ | | 14 | 9,8 |
| | Sudut 4 ⁰ | | 14 | 8,4 |

Tabel 2. Data hasil analisa flow analysis tree

| No. | Jenis Variasi | Kecepatan (m/s) | | Tekanan outlet (bar) |
|-----|----------------------------------|-----------------|--------|----------------------|
| | | inlet | outlet | |
| 1 | sesuai kondisi lapangan (dim 14) | 2.78 | 17.49 | 0.50 |
| 2 | diameter 14 | 2.78 | 19.04 | 5.00 |
| 3 | diameter 13 | 2.78 | 26.84 | 5.02 |
| 4 | diameter 12 | 2.78 | 29.41 | 2.06 |
| 5 | diameter 11 | 2.78 | 33.57 | 2.36 |
| 6 | sudut 1 ⁰ | 2.78 | 27.29 | 4.22 |
| 7 | sudut 2 ⁰ | 2.78 | 31.49 | 5.45 |
| 8 | sudut 3 ⁰ | 2.78 | 40.77 | 8.80 |
| 9 | sudut 4 ⁰ | 2.78 | 52.17 | 14.06 |

Tabel 3. Hasil Perhitungan Gaya Dorong

| jenis modifikasi | kecepatann outlet (m/s) | jari2 outlet (cm) | thrust (N) |
|----------------------|-------------------------|-------------------|------------|
| tanpa modifikasi | 17.49 | 7 | 40622.30 |
| diameter 14 | 19.04 | 7 | 48854.44 |
| diameter 13 | 26.84 | 6.5 | 87870.17 |
| diameter 12 | 28.08 | 6 | 90817.94 |
| diameter 11 | 33.57 | 5.5 | 100696.91 |
| sudut 1 ⁰ | 27.29 | 6.3 | 85511.93 |
| sudut 2 ⁰ | 31.49 | 5.6 | 91312.70 |
| sudut 3 ⁰ | 40.77 | 4.9 | 119733.08 |
| sudut 4 ⁰ | 52.17 | 4.2 | 146347.55 |

Tabel 4.
Hasil Perhitungan Kecepatan t = 0,307.

| jenis modifikasi | kecepatan outlet | jari2 outlet | thrust (N) | Va ² | Va | Vs (m/s) | Vs (km/h) |
|----------------------|------------------|--------------|------------|-----------------|------|----------|-----------|
| tanpa modifikasi | 17,5 | 7 | 40622,30 | 2,40 | 1,55 | 2,77 | 9,96 |
| diameter 14 | 19,04 | 6,5 | 42124,50 | 2,49 | 1,58 | 2,82 | 10,14 |
| diameter 13 | 26,84 | 6 | 74871,63 | 4,43 | 2,1 | 3,75 | 13,52 |
| diameter 12 | 29,42 | 5,5 | 76312,30 | 4,51 | 2,12 | 3,79 | 13,65 |
| diameter 11 | 33,58 | 5 | 83220,58 | 4,92 | 2,22 | 3,96 | 14,25 |
| sudut 1 ⁰ | 27,30 | 6,3 | 85511,93 | 5,06 | 2,25 | 4,01 | 14,44 |
| sudut 2 ⁰ | 31,50 | 5,6 | 91312,71 | 5,40 | 2,32 | 4,15 | 14,93 |
| sudut 3 ⁰ | 40,77 | 4,9 | 119733,1 | 7,08 | 2,66 | 4,75 | 17,09 |
| sudut 4 ⁰ | 52,18 | 4,2 | 146347,5 | 8,66 | 2,94 | 5,25 | 18,9 |

Tabel 5.
Hasil Perhitungan Kecepatan t = 0,329.

| jenis modifikasi | kecepatan outlet | jari2 outlet | thrust (N) | Va ² | Va | Vs (m/s) | Vs (km/h) |
|----------------------|------------------|--------------|------------|-----------------|------|----------|-----------|
| tanpa modifikasi | 17,49 | 7 | 40622,30 | 2,33 | 1,53 | 2,72 | 9,80 |
| diameter 14 | 19,04 | 6,5 | 42124,50 | 2,41 | 1,55 | 2,77 | 9,98 |
| diameter 13 | 26,84 | 6 | 74871,63 | 4,29 | 2,07 | 3,7 | 13,31 |
| diameter 12 | 29,42 | 5,5 | 76312,30 | 4,37 | 2,09 | 3,73 | 13,43 |
| diameter 11 | 33,58 | 5 | 83220,58 | 4,77 | 2,18 | 3,9 | 14,03 |
| sudut 1 ⁰ | 27,30 | 6,3 | 85511,93 | 4,90 | 2,21 | 3,95 | 14,22 |
| sudut 2 ⁰ | 31,50 | 5,6 | 91312,71 | 5,23 | 2,29 | 4,08 | 14,69 |
| sudut 3 ⁰ | 40,77 | 4,9 | 119733,1 | 6,86 | 2,62 | 4,67 | 16,83 |
| sudut 4 ⁰ | 52,18 | 4,2 | 146347,5 | 8,39 | 2,9 | 5,17 | 18,6 |

Tabel 6.
Hasil Perhitungan Kecepatan t = 0,352.

| jenis modifikasi | kecepatan outlet | jari2 outlet | thrust (N) | Va ² | Va | Vs (m/s) | Vs (km/h) |
|----------------------|------------------|--------------|------------|-----------------|------|----------|-----------|
| tanpa modifikasi | 17,49 | 7 | 40622,30 | 2,25 | 1,5 | 2,68 | 9,63 |
| diameter 14 | 19,04 | 6,5 | 42124,50 | 2,33 | 1,53 | 2,72 | 9,81 |
| diameter 13 | 26,84 | 6 | 74871,63 | 4,14 | 2,04 | 3,63 | 13,08 |
| diameter 12 | 29,42 | 5,5 | 76312,30 | 4,22 | 2,06 | 3,67 | 13,2 |
| diameter 11 | 33,58 | 5 | 83220,58 | 4,61 | 2,15 | 3,83 | 13,79 |
| sudut 1 ⁰ | 27,30 | 6,3 | 85511,93 | 4,73 | 2,18 | 3,88 | 13,97 |
| sudut 2 ⁰ | 31,50 | 5,6 | 91312,71 | 5,05 | 2,25 | 4,01 | 14,44 |
| sudut 3 ⁰ | 40,77 | 4,9 | 119733,1 | 6,63 | 2,57 | 4,59 | 16,54 |
| sudut 4 ⁰ | 52,18 | 4,2 | 146347,5 | 8,10 | 2,85 | 5,08 | 18,28 |

Tabel 7.
Hasil Perhitungan Kecepatan t = 0,374.

| jenis modifikasi | kecepatan outlet | jari2 outlet | thrust (N) | Va ² | Va | Vs (m/s) | Vs (km/h) |
|----------------------|------------------|--------------|------------|-----------------|------|----------|-----------|
| tanpa modifikasi | 17,49 | 7 | 40622,30 | 2,17 | 1,47 | 2,63 | 9,47 |
| diameter 14 | 19,04 | 6,5 | 42124,50 | 2,25 | 1,5 | 2,68 | 9,64 |
| diameter 13 | 26,84 | 6 | 74871,63 | 4,00 | 2 | 3,57 | 12,85 |
| diameter 12 | 29,42 | 5,5 | 76312,30 | 4,08 | 2,02 | 3,6 | 12,97 |
| diameter 11 | 33,58 | 5 | 83220,58 | 4,45 | 2,11 | 3,76 | 13,55 |
| sudut 1 ⁰ | 27,30 | 6,3 | 85511,93 | 4,57 | 2,14 | 3,82 | 13,73 |
| sudut 2 ⁰ | 31,50 | 5,6 | 91312,71 | 4,88 | 2,21 | 3,94 | 14,19 |
| sudut 3 ⁰ | 40,77 | 4,9 | 119733,1 | 6,40 | 2,53 | 4,51 | 16,25 |
| sudut 4 ⁰ | 52,18 | 4,2 | 146347,5 | 7,83 | 2,8 | 4,99 | 17,97 |

Tabel 8.
Hasil Perhitungan Kecepatan t = 0,396.

| jenis modifikasi | kecepatan outlet | jari2 outlet | thrust (N) | Va ² | Va | Vs (m/s) | Vs (km/h) |
|----------------------|------------------|--------------|------------|-----------------|------|----------|-----------|
| tanpa modifikasi | 17,49 | 7 | 40622,30 | 2,10 | 1,45 | 2,58 | 9,30 |
| diameter 14 | 19,04 | 6,5 | 42124,50 | 2,17 | 1,47 | 2,63 | 9,47 |
| diameter 13 | 26,84 | 6 | 74871,63 | 3,86 | 1,97 | 3,51 | 12,62 |
| diameter 12 | 29,42 | 5,5 | 76312,30 | 3,94 | 1,98 | 3,54 | 12,74 |
| diameter 11 | 33,58 | 5 | 83220,58 | 4,29 | 2,07 | 3,7 | 13,31 |
| sudut 1 ⁰ | 27,30 | 6,3 | 85511,93 | 4,41 | 2,1 | 3,75 | 13,49 |
| sudut 2 ⁰ | 31,50 | 5,6 | 91312,71 | 4,71 | 2,17 | 3,87 | 13,94 |
| sudut 3 ⁰ | 40,77 | 4,9 | 119733,1 | 6,18 | 2,49 | 4,43 | 15,96 |
| sudut 4 ⁰ | 52,18 | 4,2 | 146347,5 | 7,55 | 2,75 | 4,9 | 17,65 |

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi, analisa data, dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil variasi nozzle yang telah dilakukan, semakin kecil luas permukaan outlet maka semakin besar gaya dorongnya
2. Bentuk Variasi nozzle yang paling efektif adalah bentuk cone dengan sudut 4⁰, dikarenakan dengan bentuk nozzle yang dirancang mampu menghasilkan kecepatan renang yang paling besar jika dibandingkan dengan yang lainnya. Pada diameter 13 yang sudah dimodifikasi dapat meningkatkan 35,2 % dengan kecepatan 7,17 knot, diameter 12 bisa meningkatkan 36,5 % dengan kecepatan 7,23 knot serta diameter 11 dapat meningkat hingga 42,5 % dengan kecepatan 7,55 knot dari kondisi awal 5,3 knot. Untuk modifikasi dengan merubah sudut pada sisi outletnya, sudut 1⁰ dapat meningkatkan 44,4 % dengan kecepatan 7,65 knot, sudut 2⁰ dapat menaikkan hingga 49,3 % dengan kecepatan 7,91 knot, kemudian sudut 3⁰ dapat menaikkan 70,9 % dengan kecepatan 9,06 knot serta sudut 4⁰ dapat memberikan 89% dengan kecepatan 10,02 knot.
3. Dari variasi yang dilakukan kecepatan renang dari tank BMP-3F dapat ditingkatkan sebesar 89 % dari kecepatan awal 5,3 knot hingga mencapai kecepatan 10,02 knot dengan syarat thrust deduction factor dari perhitungan sebesar 0,31 dengan konstanta pengali sebesar 0,7.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Abidin, M. Zainul. 2012. *Analisa Performance Propeller B-Series Dengan Pendekatan Structure Dan Unstructure Meshing*. Surabaya : Tugas Akhir.

[2] Adji, Surjo W. 2005. *Engine Propeller Matching*. Surabaya.

[3] Adji, Surjo W. 2006. *Pengenalan Sistem Propulsi*. Surabaya.

[4] Adji, Surjo W. *Waterjet Propulsion System*. Surabaya..

[5] Anonin, A. BMP-3F INFANTRY FINGTING VEHICLES. Rusia

[6] Bulten, Nobert W.H. 2006. *Numerical Analysis Of Waterjet Propulsion System*. Netherland : Wartsilla.

[7] Harvald, Sv.aa. 1992. *Tahanan dan Propulsi Kapal*. Airlangga University Press. Surabaya.

[8] Putra, Reddy p. 2009. *Analisa Peningkatan Kecepatan Swim Speed Pada Tank Amphibi PT-76*. Surabaya : Tugas Akhir.

[9] <http://www.bakker.org>.