

RANCANGAN NOZZLE WATERJET UNTUK MENINGKATKAN KECEPATAN RENANG PADA TANK BMP-3F (INFANTRY FIGHTING VEHICLE)

Wardanu, Y.S., Santoso, Agoes, Adji, S. W.

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: agoes@its.ac.id

Abstrak—Di awal tahun 2008, Indonesia melakukan kegiatan besar-besaran dalam menguatkan sistem pertahanan negara dengan memproduksi dan membeli kendaraan tempur. Salah satu kendaraan yang dibeli adalah tank amfibi BMP-3F, tank kelas berat buatan Rusia ini hampir dikatakan sempurna karena pembaharuan sistem kendaraan dan kekuatan jelajahnya. Tetapi kendaraan ini apabila dioperasikan di air hanya mencapai kecepatan 10 km/h, oleh karena itu akan dilakukan perancangan nozzle waterjet untuk dapat meningkatkan kecepatan renang dari tank BMP-3F. Oleh karena itu akan dilakukan beberapa variasi nozzle yang akan dianalisa menggunakan CFD yakni variasi mengenai diameter nozzle dari kondisi awal 140 mm hingga menjadi 100 mm, serta perbedaan sudut nozzle yang nantinya akan membentuk cone, dari 1° hingga 4°. Dari hasil analisa yang dilakukan kecepatan dan thrust tertinggi dihasilkan oleh nozzle yang berbentuk cone dengan sudut kemiringan 4° yakni menghasilkan thrust sebesar 122,271 kilo Newton dengan kecepatan renang sebesar 17,27 km/h pada saat thrust deduction factor sebesar 0,3076.

Kata kunci—tank BMP-3F, peningkatan, kecepatan renang, desain nozzle, diameter, perbedaan sudut, analisa CFD.

I. PENDAHULUAN

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 ranpur 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 dari waterjet yakni yang semula memiliki diameter sebesar 140 mm, diturunkan menjadi 130 mm, 120 mm, 110 mm, dan 100 mm. Variasi yang kedua yang dilakukan adalah mengenai bentuk nozzle yang berupa cone dengan perubahan sudut 1°, 2°, 3°, dan 4°.

Untuk lebih memfokuskan permasalahan yang akan dianalisa maka ada beberapa hal yang akan dibatasi dalam penelitian kali ini, yakni analisa hanya difokuskan pada waterjet tank BMP-3F, yang kedua adalah tidak melakukan analisa mengenai stabilitas tank BMP-3F karena tidak adanya perubahan berat yang signifikan, dan yang terakhir adalah tidak adanya perubahan hull dari tank BMP-3F.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. 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 nozzle. 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

B. 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 [1]:

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

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 :

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

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

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

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

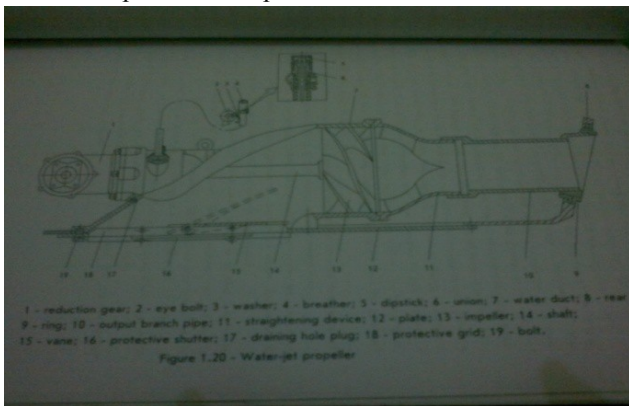
Sehingga dapat diketahui bahwa antara thrust dan Kecepatan memiliki hubungan yang linear.

Dimana :

- R = Tahanan Kapal (Newton)
- ρ = massa jenis Air/Fluida Kerja (Kg/m³)
- C_f = Koefisien Tahanan Gesek
- S = Luas Permukaan Basah (m²)
- V_s = Kecepatan Dari kapal (knot atau m/s)
- V_a = Advance Speed (m/s)
- S = Luas Permukaan Basah (m²)

C. Sistem Waterjet pada TANK BMP-3F

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.



Gambar 1. Skema Waterjet Tank BMP-3F

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[2].

D. Computational Fluid Dynamic

Software CFD yang digunakan disini adalah sebagai alat bantu pemodelan atas waterjet dan variasinya yang akan dianalisa. Tujuan dilakukannya permodelan CFD ini adalah untuk mendapatkan kecepatan aliran dan distribusi tekanan pada dinding waterjet untuk selanjutnya akan digunakan

sebagai data acuan untuk menentukan kecepatan tank yang baru.

Computational Fluid Dynamic merupakan ilmu sains dalam penentuan penyelesaian numerik dinamika fluida. Hal yang paling mendasar mengapa konsep CFD (software CFD) banyak sekali digunakan dalam dunia industri adalah dengan CFD dapat dilakukan analisa terhadap suatu sistem dengan mengurangi biaya eksperimen dan tentunya waktu yang panjang dalam melakukan eksperimen tersebut. Atau dalam proses design engineering tahap yang harus dilakukan menjadi lebih pendek. Hal lain yang mendasari pemakaian konsep CFD adalah pemahaman lebih dalam akan suatu masalah yang akan diselesaikan atau dalam hal ini pemahaman lebih dalam mengenai karakteristik aliran fluida dengan melihat hasil berupa grafik, vektor, kontur dan bahkan animasi. Adapun beberapa keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan CFD antara lain:

- Meminimumkan waktu dan biaya dalam mendesain suatu produk, bila proses desain tersebut dilakukan dengan uji eksperimen dengan akurasi tinggi.
- Memiliki kemampuan sistem studi yang dapat mengendalikan percobaan yang sulit atau tidak mungkin dilakukan dalam eksperimen.
- Memiliki kemampuan untuk studi di bawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan skenario kecelakaan).
- Keakuratannya akan selalu dikontrol dalam proses desain.

Aplikasi dari CFD untuk penyelesaian masalah aliran pada system atau equipment telah mengalami kemajuan cukup pesat pada akhir-akhir ini. Bahkan pada saat ini teknik CFD merupakan bagian dari proses desain dalam diagram spiral perancangan [3].

Penggunaan CFD disini merupakan sebuah alat bantu dalam penggambaran dari waterjet serta variasi-variasinya serta analisa dengan bantuan software yang dilakukan sehingga lebih mudah untuk melakukan variasi dan lebih mudah tanpa harus mengadakan uji alat di lapangan. Dari hasil simulasi yang dilakukan nantinya akan mendapatkan hasil berupa kecepatan aliran yang nantinya akan dilakukan analisa menggunakan perhitungan untuk mengetahui kecepatan yang diinginkan.

III. METODOLOGI

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 CFD

Pembuatan model dari tank dan waterjet akan dilakukan dengan menggunakan bantuan software CFD yang kemudian model tersebut merupakan patokan awal yang akan digunakan untuk memvariasikan diameter dari nozzle waterjet. Pembuatan model dari waterjet dilakukan menggunakan bantuan software ANSYS 13, 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 meshing untuk model waterjet, tujuan dilakukannya meshing adalah untuk menentukan detail area permukaan yang akan di analisa. Meshing dilakukan dengan memasukan parameter kerapatan dari meshing partikel, untuk model ini dilakukan dengan pengambilan kerapatan sebesar 0.1.

C. Pengujian Model

Pengujian model dari waterjet dilakukan dengan software Fluid Dynamic (CFD). Sebelum model akan *dirunning* 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 stasioner sebelum masuk ke impeller dan aliran turbulen 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.

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.

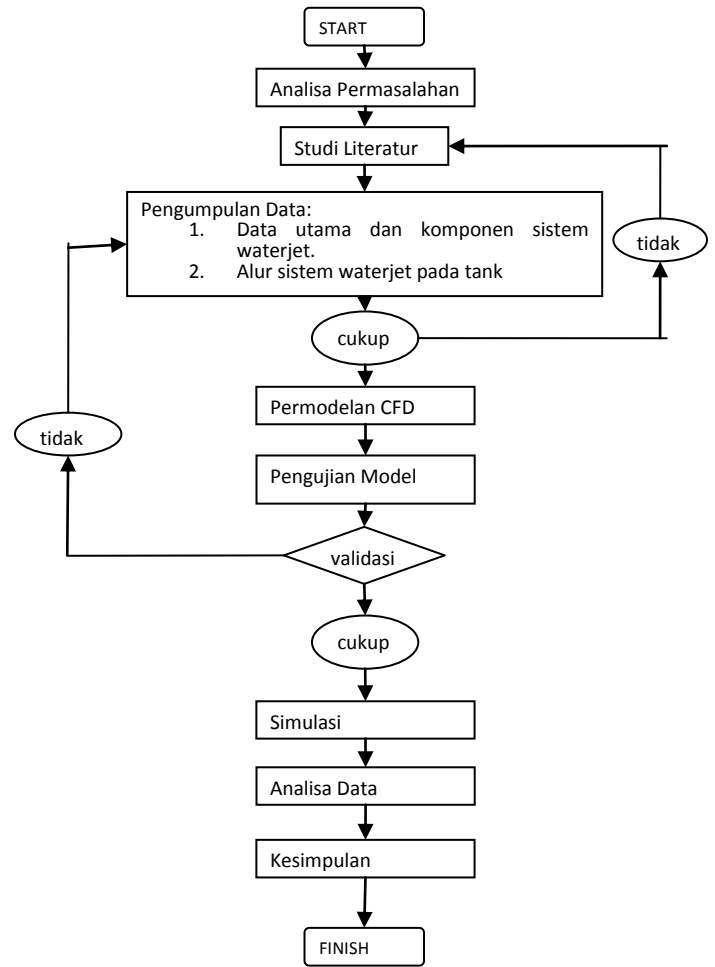
F. Analisa Data

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.

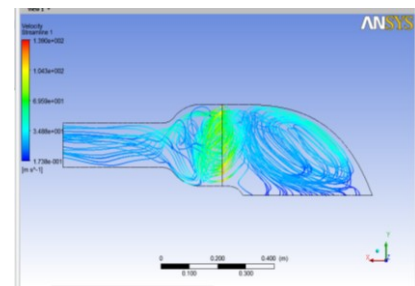
Diagram alur pengerjaan penelitian adalah sebagai berikut:



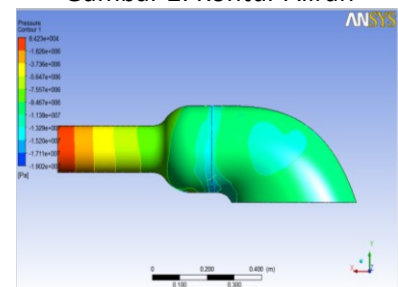
IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Simulasi dan Hasil Simulasi

Dari hasil pengukuran di lapangan diperoleh dimensi dari nozzle yakni panjangnya 3150 mm dengan diameter 140 mm, untuk kemudian digambarkan pada CFD untuk dianalisa aliran fluida yang mengalir di dalamnya dan akan didapatkan hasil berupa kecepatan aliran dan tekanan dari dinding waterjet sebagai berikut.



Gambar 2. Kontur Aliran



Gambar 3. Kontur Tekanan

B. Variasi Dan Hasil Analisa Variasi

Berdasarkan batasan maalh dan rancangan pembahasan sebelumnya maka didapatkan jenis variasi sebagai berikut.

Tabel 1. Variasi Model Nozzle

No	Jenis Variasi	Sketsa Variasi	Diameter (mm)	
			1	2
1	Diameter 13		130	130
	Diameter 12		120	120
	Diameter 11		110	110
	Diameter 10		100	100
2	Sudut 1°		140	126
	Sudut 2°		140	112
	Sudut 3°		140	98
	Sudut 4°		140	84

Dan setelah semua rancangan model dilakukan analisa dengan CFD maka dapat dipaparkan dalam tabel, hasil yang diperoleh dari hasil analisa CFD mengenai kecepatan aliran dan tekanan dari dinding adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Data hasil analisa CFD

No.	Jenis Variasi	Kecepatan (m/s)		Tekanan outlet (Pa)
		inlet	outlet	
1	sesuai kondisi lapangan (dim 14)	2.778	17.494	50036.8
2	diameter 13	2.778	20.024	50628.5
3	diameter 12	2.778	23.538	50479.4
4	diameter 11	2.778	28.084	50561.1
5	diameter 10	2.778	33.759	50649.3
6	sudut 1°	2.778	21.354	50252.6
7	sudut 2°	2.778	27.014	51031.3
8	sudut 3°	2.778	35.145	52855.8
9	sudut 4°	2.778	47.813	56290.7

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,

$$\begin{aligned}
 T &= \rho An Vj (Vj - Vi) \\
 &= 1,025 \times (3,14 \times 7^2) \times 17,494(17,494 - 2,778) \\
 &= 40622,301 \text{ Newton} = 40,622 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Dan dari hasil keseluruhan variasi nozzle, jika dilakukan perhitungan mengenai gaya dorongnya akan mendapatkan hasil :

Tabel 3. Hasil Perhitungan Gaya Dorong

jenis modifikasi	kecepatann outlet (m/s)	jari2 outlet (cm)	thrust (N)
tanpa modifikasi	17.494	7	40622.301
diameter 13	20.024	6.5	46980.849
diameter 12	23.538	6	56639.609
diameter 11	28.084	5.5	69214.746
diameter 10	33.759	5	84176.46
sudut 1°	21.354	6.3	50693.59
sudut 2°	27.014	5.6	66103.239
sudut 3°	35.145	4.9	87926.341
sudut 4°	47.813	4.2	122271.54

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 :

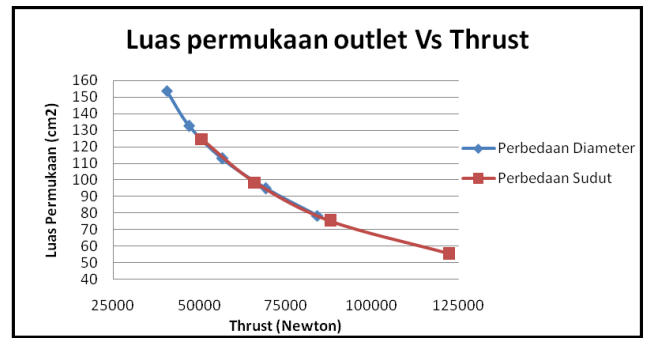
Tabel 4. Hasil Perhitungan Kecepatan t = 0,307.

jenis modifikasi	kecepatan outlet	jari2 outlet	thrust (N)	Va ²	Va	Vs (m/s)	Vs (km/h)
tanpa modifikasi	17.494	7	40622.301	2.403	1.55	2.77	9.955
diameter 13	20.024	6.5	46980.849	2.779	1.67	2.97	10.71
diameter 12	23.538	6	56639.609	3.35	1.83	3.27	11.76
diameter 11	28.084	5.5	69214.746	4.094	2.02	3.61	13
diameter 10	33.759	5	84176.46	4.978	2.23	3.98	14.33
sudut 1°	21.354	6.3	50693.59	2.998	1.73	3.09	11.12
sudut 2°	27.014	5.6	66103.239	3.91	1.98	3.53	12.7
sudut 3°	35.145	4.9	87926.341	5.2	2.28	4.07	14.65
sudut 4°	47.813	4.2	122271.54	7.232	2.69	4.8	17.27

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:

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	17.494	7	40622.301	2.328	1.53	2.72	9.801
diameter 13	20.024	6.5	46980.849	2.693	1.64	2.93	10.54
diameter 12	23.538	6	56639.609	3.247	1.8	3.21	11.57
diameter 11	28.084	5.5	69214.746	3.967	1.99	3.55	12.79
diameter 10	33.759	5	84176.46	4.825	2.2	3.92	14.11
sudut 1°	21.354	6.3	50693.59	2.906	1.7	3.04	10.95
sudut 2°	27.014	5.6	66103.239	3.789	1.95	3.47	12.5
sudut 3°	35.145	4.9	87926.341	5.04	2.24	4.01	14.42
sudut 4°	47.813	4.2	122271.54	7.008	2.65	4.72	17



Gambar 4. Luas Permukaan Vs Thrust

Tabel 5. 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	17.494	7	40622.301	2.249	1.5	2.68	9.631
diameter 13	20.024	6.5	46980.849	2.601	1.61	2.88	10.36
diameter 12	23.538	6	56639.609	3.135	1.77	3.16	11.37
diameter 11	28.084	5.5	69214.746	3.831	1.96	3.49	12.57
diameter 10	33.759	5	84176.46	4.659	2.16	3.85	13.86
sudut 1°	21.354	6.3	50693.59	2.806	1.68	2.99	10.76
sudut 2°	27.014	5.6	66103.239	3.659	1.91	3.41	12.29
sudut 3°	35.145	4.9	87926.341	4.867	2.21	3.94	14.17
sudut 4°	47.813	4.2	122271.54	6.768	2.6	4.64	16.71

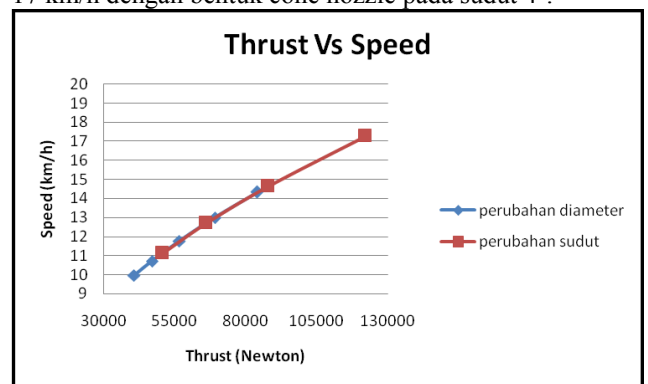
Tabel 5. Hasil Perhitungan Kecepatan t = 0,374.

jenis modifikasi	kecepatan outlet	jari2 outlet	thrust (N)	Va ²	Va	Vs (m/s)	Vs (km/h)
tanpa modifikasi	17.494	7	40622.301	2.172	1.47	2.63	9.466
diameter 13	20.024	6.5	46980.849	2.512	1.59	2.83	10.18
diameter 12	23.538	6	56639.609	3.029	1.74	3.1	11.18
diameter 11	28.084	5.5	69214.746	3.701	1.92	3.43	12.36
diameter 10	33.759	5	84176.46	4.501	2.12	3.79	13.63
sudut 1°	21.354	6.3	50693.59	2.711	1.65	2.94	10.57
sudut 2°	27.014	5.6	66103.239	3.535	1.88	3.35	12.08
sudut 3°	35.145	4.9	87926.341	4.702	2.17	3.87	13.93
sudut 4°	47.813	4.2	122271.54	6.538	2.56	4.56	16.42

Tabel 5. 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	17.494	7	40622.301	2.096	1.45	2.58	9.299
diameter 13	20.024	6.5	46980.849	2.424	1.56	2.78	10
diameter 12	23.538	6	56639.609	2.922	1.71	3.05	10.98
diameter 11	28.084	5.5	69214.746	3.571	1.89	3.37	12.14
diameter 10	33.759	5	84176.46	4.343	2.08	3.72	13.39
sudut 1°	21.354	6.3	50693.59	2.616	1.62	2.89	10.39
sudut 2°	27.014	5.6	66103.239	3.411	1.85	3.29	11.86
sudut 3°	35.145	4.9	87926.341	4.537	2.13	3.8	13.68
sudut 4°	47.813	4.2	122271.54	6.309	2.51	4.48	16.13

Jika dilihat dari hubungan antara luas permukaan diameter nozzle dengan thrus yang dihasilkan dapat digambarkan dengan grafik berikut yang menunjukkan bahwa semakin kecil luas permukaan outlet nozzle maka semakin besar thrust yang dihasilkan oleh waterjet.



Gambar 5. Thrust Vs Speed

Dan jika dilihat dari perbandingan thrust dengan kecepatan, sesuai hasil perhitungan maka dapat dilihat dari grafik thrust Vs speed, semakin besar thrust yang dihasilkan, maka semakin besar pula kecepatan yang ditimbulkan oleh waterjet kepada tank. Kecepatan tertinggi yang mampu dicapai adalah 17 km/h dengan bentuk cone nozzle pada sudut 4°.

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. Dari variasi yang dilakukan kecepatan renang dari tank BMP-3F dapat ditingkatkan hingga mencapai kecepatan 17,27 km/h dengan syarat thrust deduction factor dari perhitungan sebesar 0,307 dengan konstanta pengali sebesar 0,7.
3. Bentuk Variasi nozzle yang paling efektif adalah bentuk cone dengan sudut 40, dikarenakan dengan bentuk nozzle yang dirancang mampu mengasilkan kecepatan renang yang paling besar jika dibandingkan dengan yang lainnya.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adji, Surjo W. 2005. *Engine Propeller Matching*. Surabaya.
- [2] Anonin, A. BMP-3F Infantry Vehicles, Rusia
- [3] Harvald, Sv.aa. 1992. *Tahanan dan Propulsi Kapal*. Airlangga University Press. Surabaya