

KONSEP DESAIN KAPAL SELAM SERANG KONVENTSIONAL

Yanuar^{1,a*}, Gunawan^{2,b} dan Ibadurrahman^{3,c}

¹ Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Depok 16424

² Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Depok 16424

³ Mahasiswa Magister Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Depok 16424

^ayanuar@eng.ui.ac.id, ^bgunawan_kapal@eng.ui.ac.id, ^cIbadurrahman.jkt@gmail.com

Abstrak

Indonesia hanya mempunyai 2 kapal selam yang beroperasi. Kekurangan armada ini diperparah dengan kurangnya penelitian dan pendalaman lebih lanjut pada teknologi kapal selam. Penelitian ini merupakan langkah pertama dalam tahapan penelitian teknologi kapal selam yang dimulai dengan perancangan kapal selam serang konvensional yang cocok untuk Indonesia. Tahapan awal pada penelitian ini dimulai dengan melakukan perancangan desain kapal selam. Perancangan kapal selam dimulai dengan eksplorasi konsep dimana dilakukan estimasi dan perhitungan awal. Kemudian dilanjutkan dengan pengembangan konsep dimana setiap aspek perancangan dianalisa dan dioptimalkan pun ditambahkan analisa kekuatan struktur *pressure hull* dan analisa tekanan disepanjang badan kapal. Hasil penelitian didapatkan spesifikasi akhir rancangan LOA atau panjang keseluruhan kapal sebesar 52 meter, diameter kapal sebesar 7 meter, *submerged displacement* sebesar 1733 ton, *surfaced displacement* sebesar 1301 ton, kecepatan maksimal dibawah air hingga 20 knot. Model prototipe dengan skala 1:50 dapat digerakkan dengan *remote* dan dapat diuji untuk penelitian tahap selanjutnya.

Kata kunci : Eksplorasi konsep, Pengembangan konsep, *Pressure hull*, *Surfaced displacement*, *Submerged displacement*

Pendahuluan

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim terbesar di dunia dengan pulau sebanyak 17.500. Sudah sepatutnya sebagai negara merdeka Indonesia harus mampu menguasai lautannya dengan mencegah masuknya kapal-kapal asing yang bertujuan jahat guna mempertahankan kedaulatan negeri.

Kapal selam merupakan salah satu aset pertahanan untuk tujuan tersebut. Ketidakmampuan kita pada bidang ini terlihat dari banyaknya armada kapal selam yang dimiliki Indonesia saat ini yang hanya berjumlah 2 buah saja.

Kekurangan armada kapal selam juga diperparah dengan kurangnya penelitian dan pendalaman lebih lanjut pada teknologi kapal khususnya teknologi kapal selam. Diperlukan penelitian yang lebih banyak dan mendalam

agar bangsa kita siap dalam menghadapi kemandirian teknologi pembangunan kapal selam di dalam negeri yang sudah mulai digalakkan Pemerintah.

Dapat dipastikan, kapal selam merupakan senjata mematikan yang sangat penting dimiliki suatu negara, minimal untuk menjaga dan melindungi wilayah maritimnya.

Burcher dan Rydill (1994) mengatakan bahwa desain kapal selam merupakan salah satu dari banyaknya aktivitas desain enjiniring dan terdapat juga beberapa kesamaan dengan desain kapal pada umumnya.

Walaupun terdapat banyak variasi mengenai sasaran hasil ataupun tujuan yang ingin dicapai dalam desain, Burcher dan Rydill (1994) mengatakan bahwa hanya terdapat tiga sasaran utama dalam segala perancangan dan harus mendukung keseluruhan proses perancangan, ketiga sasaran utama tersebut adalah bahwa produk

tersebut harus dapat melakukan tujuan atau fungsi yang diinginkan pelanggan atau operator, harus dapat dibangun dengan kemampuan teknologi dan sumber yang tersedia, dan biayanya harus dapat diterima oleh pelanggan. [1]

Akan tetapi, salah satu dari ketiga sasaran utama tersebut dapat mungkin menjadi lebih dominan dari sasaran utama lainnya, tergantung dari tempat dimana perancangan dibuat. [1]

Dengan menyelesaikan tahap perancangan yang *acceptable* untuk dibangun, diperlukan untuk mencapai rincian sebagai berikut. [1][2]

Struktur

Bentuk lambung tekanan utama (*main pressure hull*) dengan ketebalan plat, jarak serta ukuran kerangka (*frame*), dan penutup bagian depan kapal yang berbentuk kubah (*dome*). Lalu, struktur-struktur penunjang utama (*main internal structure scantlings*) untuk tangki, sekat dan geledak utama (*main deck*).

Tanki luar/eksternal dan struktur/susunan bagian tergenang dalam kapal (*free flood*) termasuk sirip anjungan (*bridge fin*) atau anjungan yang terletak pada bangunan atas (*superstructure*) kapal.

Rincian dari struktur utama sambungan dan penembusan pada lubang palka (*hatch*). Kemudian, penempatan utama untuk barang dan perlengkapan besar. Lalu diperlukan pula rincian prosedur pengelasan (*welding procedure*) dan *non-destructive test* (NDT) dari pembangunan kapal.

Susunan (*arrangement*)

Gambar susunan utama (*general arrangement*) termasuk untuk semua kompartemen/ruang dan tataruang geladak (*deck layout*). Juga semua perlengkapan utama dan sistem utama yang berada pada kapal dengan tataruang per kompartemen/ruang. Serta, tataruang tempat tidur dan susunan lemari serta perlengkapan lainnya.

Rincian susunan sensor-sensor dan tiang-tiang. Lalu, rincian susunan sistem

peluncuran senjata dan gudang pengisian (*reload*).

Hidrodinamika

Hambatan dan estimasi daya penggerak yang dibuktikan atau ditinjau kembali dengan model uji. Lalu, kontrol dan stabilitas dinamis yang dibuktikan dengan pengujian serta kontrol utama saat di permukaan.

Penetapan daya penggerak yang diperlukan. Serta, desain sistem tenaga penggerak yang dikembangkan secara rinci termasuk pada model uji.

Sistem

Ukuran pusat pembangkit daya untuk memenuhi kapasitas daya yang dibutuhkan dan keberlangsungan perlengkapan yang telah dipilih (pompa, motor, kompresor, botol). Diperlukan pula skema perkembangan jalannya sistem serta skema jalannya sistem utama pipa dan kabel pada kompartemen-kompartemen.

Ukuran pipa dan kabel serta katup utama, tombol atau kenop pemutar, serta pemilihan dan penetapan penembusan sekat, dimana biasanya berbentuk bulat dengan mekanisme hampir sama seperti pintu kedap air (*watertight door*).

Hidrostatika

Penghitungan semua sumbangansumbangan pada gaya apung (*bouyancy*) dengan penentuan titik tegak lurus (*vertical*) dan membujur (*longitudinal*). Perhitungan berat secara rinci dan perhitungan letak titik berat (*center of gravity*).

Ukuran dan lokasi tangki pemberat (*ballast*) utama dan tangki keseimbangan (*trim*) serta tangki pengganti (*compensating*). Perhitungan dan lokasi pemberat tetap (*permanent ballast*) untuk memberikan keseimbangan membujur (*longitudinal balance*) serta stabilitas melintang (*transverse*) pada saat di permukaan maupun dibawah permukaan air.

Metodologi Penelitian

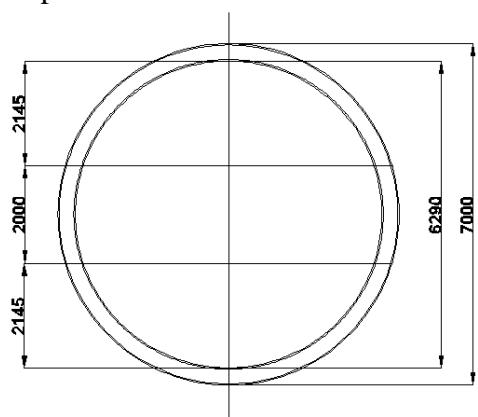
Metode penelitian yang digunakan terdiri dari beberapa tahap. Pertama yakni eksplorasi konsep. Dilakukan eksplorasi konsep-konsep dasar perancangan kapal selam serang konvensional. Eksplorasi perancangan dimulai dari estimasi awal hingga penentuan keseimbangan *displacement* kapal dengan volume kapal

Selanjutnya adalah pengembangan konsep. Berbagai gambar dan rancangan dibuat pada tahap ini. Analisa perancangan dan simulasi dengan perangkat lunak juga dilakukan pada tahap ini. Sesuai *design spiral* yang dipakai, berbagai perubahan pada tahap ini akan mengubah estimasi pada bab sebelumnya

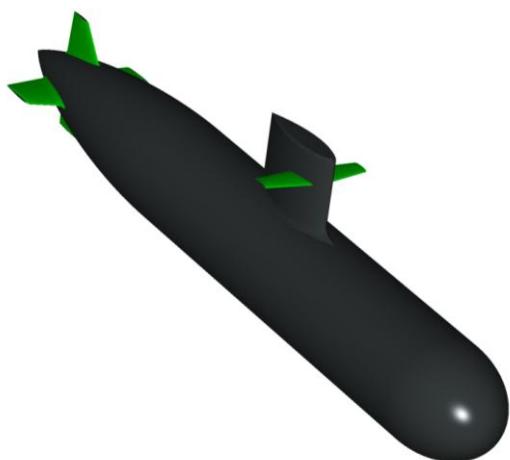
Kemudian tahap pembuatan model prototipe yang akan digunakan untuk penelitian selanjutnya. Dilakukan pembuatan model dinamis, yang dilengkapi dengan motor listrik dan sistem komunikasi sederhana secara *wireless* sebagai media olah gerak kapal. Hal ini dilakukan karena kapal harus dapat dikemudikan secara bebas pada kedalaman dibawah permukaan air

Hasil dan Pembahasan

Ukuran akhir bentuk lambung kapal rancangan memiliki diameter 7 meter dengan dua geladak atau 3 *level*. [3][4] Pembagian tinggi tiap geladak pada *midship* kapal dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil pembuatan bentuk *outer hull* dan *appendages* dapat dilihat pada Gambar 2.

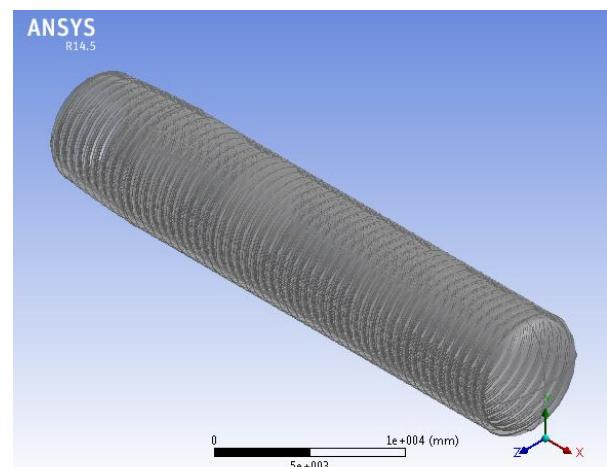


Gambar 1. Penampang *midship* kapal

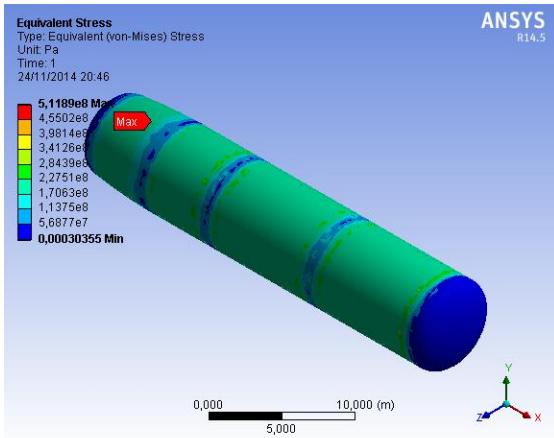


Gambar 2. Bentuk lambung kapal dan *appendages*

Equivalent stress Von-Misses adalah perhitungan tegangan rata-rata dari sumbu x,y dan z pada satu titik yang dapat menimbulkan kelelahan atau kegagalan material. [7] Dari hasil analisa dengan ANSYS, didapat persebaran *equivalent stress* Von-Misses maksimum yang dialami oleh struktur PH sebesar 511,89 MPa dan minimum sebesar 30,35 Kpa. Tegangan terbesar terletak pada plat *Cylindrical PH* antara tiap *bulkhead*. Dengan *result* sebesar 1.0 (*true scale*).

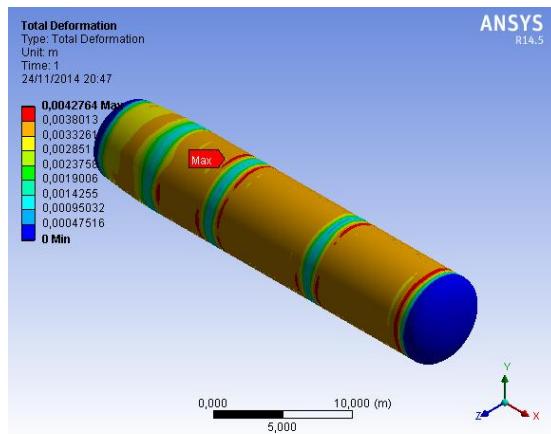


Gambar 3. Desain 3D struktur konstruksi PH



Gambar 4. Kontur persebaran *Equivalent Stress* Von-Misses

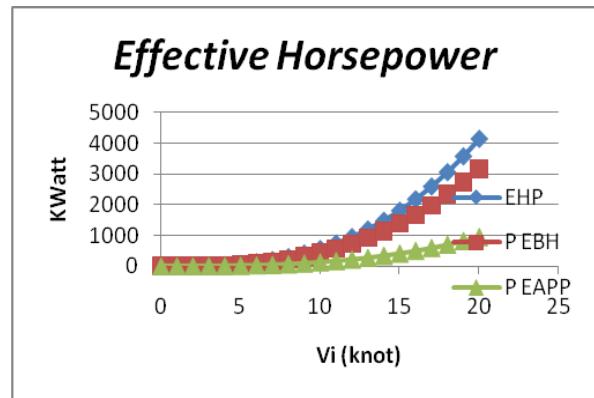
Deformasi adalah perubahan bentuk permanen/non-permanen dari suatu benda karena pengaruh dari luar benda tersebut. Titik tempat terjadinya deformasi maksimum bukanlah titik dimana terjadi *stress* Von-Misses maksimum. [5] Deformasi maksimum yang terjadi pada PH didapat sebesar 4,28 mm. Deformasi maksimum terjadi pada plat *Cylindrical PH* tiap 1 meter dari *bulkhead*. Nilai deformasi tersebut sangatlah kecil dan masih termasuk dalam kondisi aman. Dengan result sebesar 1.0 (*true scale*). [6]



Gambar 5. Kontur persebaran deformasi total pada PH

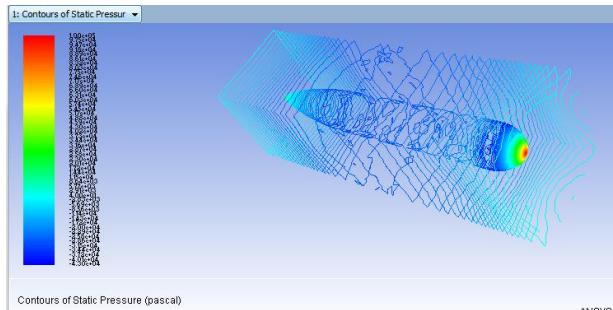
Dipakai metode VT untuk menentukan EHP kapal. Hambatan *bare hull* (*submerged volume*) dihitung kembali menggunakan formula empiris dengan metode Gilmer & Johnson dengan tambahan modifikasi hambatan induksi gelombang Captain Jackson (metode VT). Hambatan viskositas dihitung dengan menggunakan modifikasi dari *form factor* Gilmer & Johnson dan *ITTC coefficient*

of friction dengan tambahan 30% faktor koreksi untuk *sail* dan *appendages*. [9][10]



Gambar 6. EHP Submerged vs. Kecepatan

Dari hasil analisa dengan ANSYS, didapat kontur tekanan aliran fluida disepanjang badan kapal. Bagian yang bertekanan paling besar berada pada ujung *bow* kapal yang tentu saja merupakan bagian kapal yang pertama kali bersentuhan dengan aliran fluida. Selain itu, didapat hambatan pada kapal disepanjang sumbu X sebesar 556,288 kN.

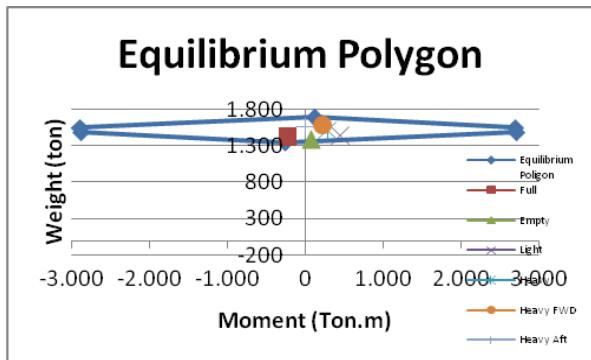


Gambar 7. Kontur persebaran tekanan fluida di sepanjang badan kapal

Equilibrium polygon adalah grafik yang menunjukkan apakah tangki balas memadai untuk semua kondisi pemuatan. Pada *equilibrium polygon* terdapat dua sumbu dimana *longitudinal moment* sebagai sumbu X dan perubahan berat kapal sebagai sumbu Y. *Equilibrium polygon* dibuat berdasarkan *variable weight* seperti yang sudah dihitung karena batas-batas pada *equilibrium polygon* merupakan kondisi ekstrim berat pada kapal. [8]

Dapat dilihat pada *equilibrium polygon* kapal rancangan bahwa semua kondisi pemuatan berada di dalam batas

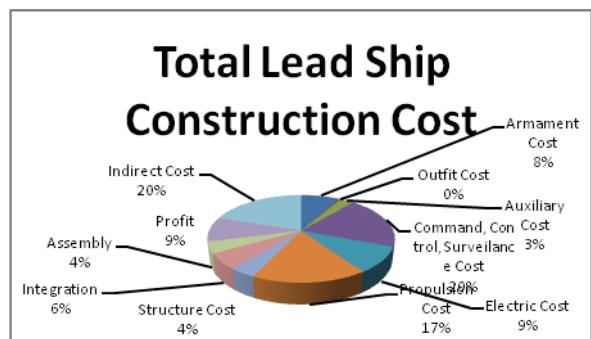
sehingga tangki balas dapat memadai untuk mengantisipasi semua kondisi pemuatan.



Gambar 8. Equilibrium polygon

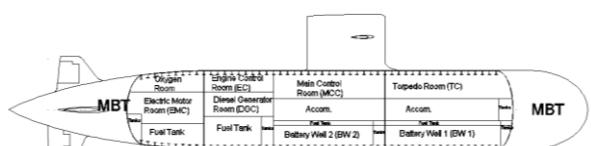
Perhitungan biaya semata berdasarkan pembagian kelompok berat pada kapal. Biaya tenaga kerja (*labor*) dan biaya material dihitung berdasarkan tiap grup. Biaya tenaga kerja ditentukan dengan mengalikan berat kelompok kapal, tarif kerja per jam (*man-hour rate*), dan faktor kompleksitas yang berbeda-beda untuk tiap kelompok berat. Biaya material ditentukan dengan mengalikan faktor biaya material berdasarkan komponen kelompok berat dan kenaikan inflasi. [10]

Biaya dasar untuk konstruksi kapal rancangan sebesar 395,37 \$ Mdol (baca: juta dolar). Biaya tersebut merupakan biaya produksi kapal maksimum.



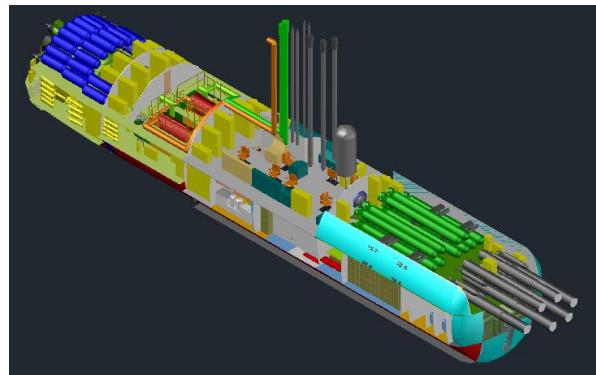
Gambar 9. Direct Cost Breakdown

Software CAD dipakai untuk membuat susunan ruangan dan berbagai bagian pada kapal dalam 3 dimensi.



Gambar 10. Pandangan profil membujur arrangement kapal

Pada geladak (*deck*) 2 atau *level 3* terdapat ruang kompartemen torpedo, *Main Control Room* (MCC), *Engine Control Room* dan *HVAC/Oxygen Room*.



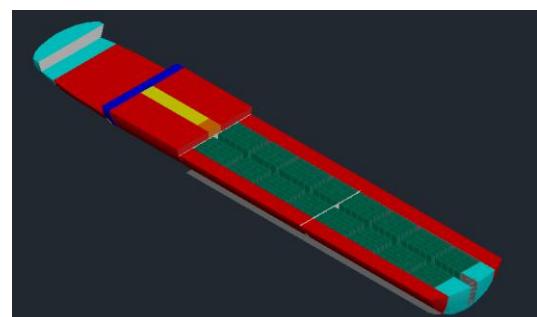
Gambar 11. Desain *level 3 arrangement* 2D dan 3D kapal rancangan

Pada geladak (*deck*) 1 atau *level 2* didominasi oleh ruang untuk awak kapal serta *Diesel Generator Room* dan *Main Electric Motor Room*. Seluruh kebutuhan ruang untuk kapal didesain secara ergonomis.



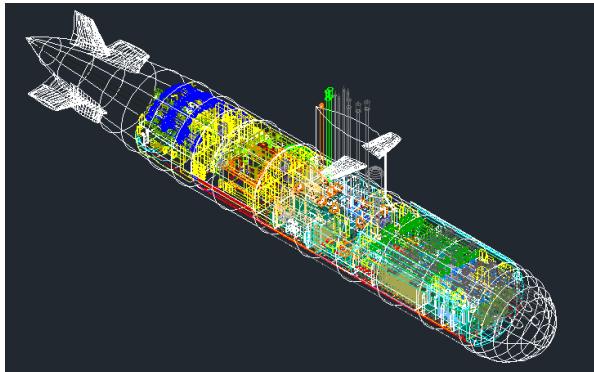
Gambar 12. Desain *level 2 arrangement* 2D dan 3D kapal rancangan

Pada *level 1* merupakan tempat tangki-tangki bahan bakar dan tangki-tangki *trim & compensating*. Ruang *battery* terdapat pada kompartemen 1 dan 2.

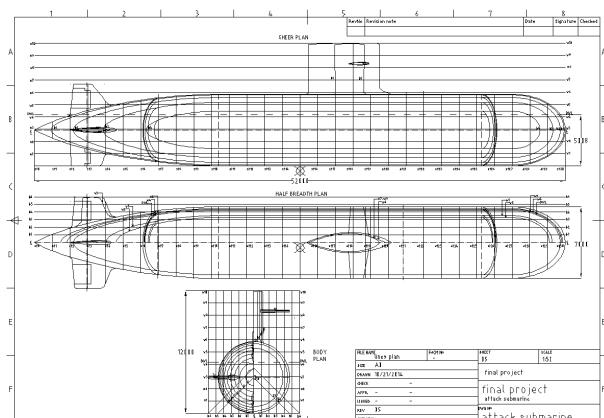


Gambar 13. Desain *level 1 arrangement* 2D dan 3D kapal rancangan

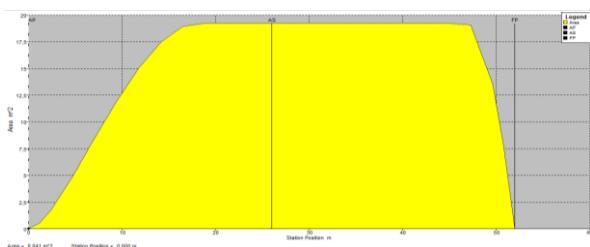
Dibuat keseluruhan gambar 3D kapal rancangan (*internal arrangement*) dan rencana garis kapal rancangan (*lines plan*) dan SAC yang sudah direvisi hingga akhir perancangan.



Gambar 14. *Internal arrangement* 3D kapal rancangan.



Gambar 15. Rencana garis kapal rancangan



Gambar 10.5 Sectional Area Curve OH

Hasil penelitian didapatkan spesifikasi akhir rancangan LOA= 52 m, diameter= 7 m, *submerged displacement*= 1733 ton, *surfaced displacement*= 1301 ton, kecepatan maksimal dibawah air= 20 knot. Daya dihasilkan dari 2xMTU 12V 396 TE54 dan 3600 kW-hr *battery bank*. Persenjataan dicapai 6x533mm @18 torpedo. Daya jelajah sejauh 8000 mil pada kecepatan 6 knot kondisi *snorkel* dan 500 mil pada kecepatan 3 knot kondisi

submerged. Waktu jelajah selama 60 hari dan total awak kapal sebanyak 37 personil dengan 5 perwira. Estimasi biaya konstruksi maksimal sebanyak 400 juta dolar.

Hampir semua sasaran spesifikasi awal tercapai pada perancangan ini. Kapal dirancang mengikuti perancangan kapal selam modern pada umumnya

Pembuatan *Self-propelled* model prototipe kapal dilakukan selama satu tahun dengan skala 1:50. Model kapal dapat bergerak dan berbelok serta menyelam dan mengapung dengan menggunakan *remote*. Model prototipe digerakkan dengan *remote* dan diuji untuk penelitian tahap selanjutnya.



Gambar 17. *Self-propelled* model prototipe kapal rancangan

Kesimpulan

Dari hasil penelitian awal dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa spesifikasi akhir hasil rancangan merupakan kapal selam serang konvensional yang beroperasi pada kondisi laut Indonesia dengan kedalaman operasi maksimal sedalam 300 meter. Dari hasil analisa kekuatan struktur *pressure hull*, masih memungkinkan kapal untuk menyelam hingga kedalaman 400 meter.

Dapat dilakukan perubahan desain *internal arrangements* jika diinginkan variasi kapal selam serang konvensional dengan tujuan operasi yang berbeda. Serta dapat dilakukan uji hambatan pada model, uji *turning radius* kapal, serta uji kemampuan menyelam dan mengapung.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dikti yang telah mendukung secara finansial penelitian ini melalui skema Hibah PUPR 2015 terutama untuk dana pembuatan dan pengembangan model prototipe *self-propelled*.

Referensi

- [1] Burcher, Roy & Rydill, Louis. Concept in submarine design. Cambridge, 1994.
- [2] Kormilitsin, Yuri N. & Khalizev, Oleg A. Theory of Submarine Design. Saint-Petersburg. 2001.
- [3] Joubert, P.N. Some Aspect of Submarine Design Part 1 Hydrodinamics. Australia DSTO Platform Sciences Laboratoty. 2004.
- [4] Joubert, P.N. Some Aspect of Submarine Design Part 2 Shape of a Submarine 2026. Australia DSTO Platform Sciences Laboratoty. 2004.
- [5] Ross, Carl T.F, Whittaker, Terry, & Little, Andrew P.F. Design of submarine pressure hulls to withstand buckling under external hydrostatic pressure. UK: University of Portsmouth. 2009.
- [6] Carlberg, Henrik. Concept Design of a Commercial Submarine. Norwegia: Norwegian University of Science and Technology. 2011.
- [7] Pradipta, Muhammad Radityo. Fatigue Design Analysis pada kapal kru dengan menggunakan Finite Element Analisis ANSYS Workbenh 14.0. Indonesia: University of Indonesia. 2014.
- [8] Nugraha, Wahyu Adi et al. Pre Design tourism submarine with 30 passangers capacity for underwater tourism destination of bunaken national park, Manado. Indonesia: Diponegoro University. 2014.
- [9] Avgouleas, Kyriakos et al. Ship Design Project Littoral Strike Submarine. USA: Massachusetts Institute of Technology. 2008.
- [10] Blizzard, Christopher R. et al. Design Report Ballistic Missile Defense Submarine SSBMD. USA: Virginia Tech Aerospace and Ocean Engineering. 2008.