

Desain Sistem Mekanik dan Pembuatan Perangkat Lunak Pengatur Kedalaman Penyelaman untuk AUV (Autonomous Underwater Vehicle)

Muhammad Tadjuddin^{1*}, Udink Aulia¹ and Suhendrianto¹

¹Group Riset Disain dan Manufaktur, Teknik Mesin,

Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111

*Corresponding author: m.tadjuddin@unsyiah.net

Abstrak

Perairan Indonesia memiliki kekayaan bahari yang potensial, sehingga penting untuk dijaga, diteliti dan dieksplorasi. Penelitian dan pengamatan laut memerlukan sarana untuk membawa peralatan pengamatan dan pengumpul data ke dasar laut. Sarana yang dimaksud adalah kendaraan bertenaga listrik (electric vehicle) bawah air. Untuk itu dalam makalah ini dibuat dan dikembangkan AUV (Autonomous Underwater Vehicle). AUV adalah sejenis kendaraan bawah laut yang memiliki fungsi sebagai pembawa instrument pengamatan ke suatu tempat di bawah air. Pada pengoperasiannya kendaraan ini tidak menggunakan kabel dari permukaan, melainkan ber-operasi sendiri dan bergerak ke lokasi-lokasi tertentu sesuai dengan *programmable trajectory* yang ada pada *microcontroller* dan sensor-sensor yang dibawanya. Sistem kendali trajektori AUV ini menggunakan multy sensor yang terintegrasi. Sensor utama yang digunakan adalah sensor global positioning, digital kompas, sensor tekanan, 3-axis gyro dan sensor tambahan yang dianggap perlu. Kajian utama makalah ini adalah untuk merancang bangun sebuah alat survey bawah air yang dapat melakukan observasi dengan menjelajah daerah pesisir, bergerak dari satu titik pengamatan ke titik pengamatan selanjutnya (point to point) sesuai dengan data yang diprogram dan disesuaikan dengan menggunakan GPS. Dalam makalah ini dipaparkan dua topik yang meliputi rancang bangun perangkat mekanis dan sistem kendalinya. Pembuatan sistim mekanis meliputi badan AUV, sistem mekanis pendorong (thruster system), rancang bangun sistem kendali kedalaman penyelaman. Sistem kendali meliputi algoritma kontrol. Tahapan perancangan sistem mekanis AUV ini dilakukan di laboratorium Desain dan Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. AUV ini memiliki rancang bangun yang dibatasi untuk penyelaman hingga 15m dan durasi waktu operasi di bawah air selama 90 menit. Perencanaan kedalaman penyelaman sangat mempengaruhi desain terutama pada bagian badan AUV. Pengendalian posisi kedalaman telah diprogramkan dalam *microcontroller* dengan litar tertutup dan menggunakan sensor tekanan absolut sebagai umpan balik. Sensor tekanan mendeteksi tekanan hidrostatik pada setiap kedalaman. Adapun untuk sistem mekanis pendorong adalah menggunakan internal propeller (impeller). Internal propeller yang dimaksud adalah propeller berada didalam pelindung yang melekat pada badan AUV. Sistem ini dibuat untuk mengurangi momen pada seluruh struktur, sehingga AUV tidak ikut berputar berlawanan dengan putaran propeller. Pengujian yang dilakukan dengan eksperimen laboratorium adalah untuk pengujian thruster yang meliputi konsumsi daya, durasi dan gaya dorong.

Keywords: Desain AUV, sistim mekanis, multy sensor, thruster, algoritma kontrol

Pendahuluan

AUV (Autonomous Underwater Vehicle) adalah salah satu jenis kendaraan bawah laut yang lebih sering digunakan untuk kebutuhan survey dan monitoring objek di laut atau dalam perairan. AUV sendiri merupakan kendaraan, sedangkan tugas survey ataupun monitoring yang dilaksanakannya adalah tergantung dari pengguna. Kendaraan ini dapat diperlengkapi dengan data logger, video camera, deep sounder, side-scan dan peralatan survei bawah air lainnya. Pengoperasian AUV tidak menggunakan remote yang berupa kabel, melainkan bergerak bebas dengan kemampuan dan tingkat kecerdasannya sendiri. Kemampuan dari AUV dapat berupa ketahanan mekanik terhadap tekanan dalam air, kemampuan navigasi dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan tugas dalam misinya. Untuk itu dalam makalah ini dibahas desain badan AUV, thruster dan sistem kendali penyelaman.

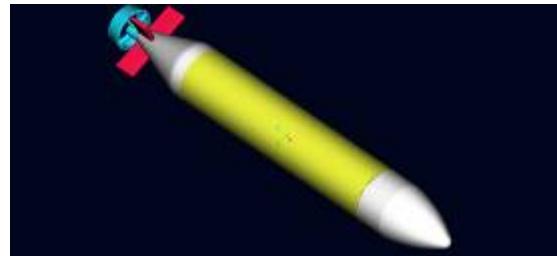
Pertimbangan Desain AUV

Badan AUV didesain menurut kebutuhan. Bagian permukaan badan akan menahan tekanan air yang besar. Ketahanan keseluruhan komponen badan dari tekanan air, menentukan berapa kedalaman yang dapat dijelajah. Pada makalah ini AUV didesain untuk dapat menyelam dan beroperasi pada lautan pesisir dengan kedalaman hingga 15 meter atau kisaran tekanan dalam 15kg/cm^2 .

Dalam operasinya AUV ini tidak menggunakan perangkat sonar sebagai navigasinya melainkan menggunakan kompas untuk navigasi dalam air dan dibantu GPS untuk navigasi pada waktu dipermukaan air, karena keterbatasan signal GPS yang hanya efektif untuk digunakan dipermukaan saja. Signal GPS digunakan sebagai pengarah untuk mencapai suatu titik koordinat yang telah ditetapkan dimana kemudian AUV ini akan menyelam. Dari kondisi operasi tersebut AUV ini sebagian kegiatannya berada dekat di permukaan air oleh sebab itu di perlukan rudder pada bagian bawah dekat dengan *thruster* (pendorong) sebagai kemudi untuk memastikan AUV berjalan sesuai dengan instruksi masukan dari kompas dan GPS.

Untuk penyelamannya menggunakan bantuan sirip kanan dan kiri yang terletak pada bagian belakang. AUV dikondisikan untuk memiliki gaya apung positif yang sangat kecil, sehingga dalam keadaan tidak beroperasi, AUV ini tetap akan timbul ke permukaan. Dari berat keseluruhan maka diambil selisih gaya apung sebesar 0,25kgf.

Sebagai penentu kedalaman digunakan sensor tekanan. Dimana tekanan selalu berbanding lurus dengan kedalaman air, sehingga signal dari sensor tekanan dapat langsung dikalkulasi oleh controller menjadi angka kedalaman air. Sensor tekanan yang digunakan adalah sensor absolut. Sensor tekanan diferensial juga boleh digunakan mengingat volume udara didalam badan AUV adalah konstan. Namun tekanan didalam kabin akan berubah dengan berbedanya suhu lingkungan di permukaan dan di laut dalam.



Gambar 1. Model AUV

Sistem Kendali AUV

System kendali AUV menggunakan microcontroller yang dapat deprogram. Semua misi dan kegiatan operasi maupun control trajektorinya diprogramkan dalam perangkat ini. Disebabkan ada beberapa system kendali yang harus bekerja secara simultan, maka sistem kontroller utama dibantu oleh 3 buah sub kontroller (gambar 2). Kontroller utama mempunyai fungsi koordinasi dan menyimpan data operasional, seperti dalam flow chart gambar 3., di mana data kegiatan yang akan dilakukan seperti titik-titik koordinat global yang akan dituju, kedalaman penyelaman dan kecepatan yang diinginkan. Kontroller utama juga berfungsi merekam semua data kegiatan yang ada pada masing-masing sub-controller.

sub-controller merupakan juga sebuah mikrokontroller memiliki kemampuan untuk diprogram dan melakukan tugas dan koordinasi dengan kontrol utama. Ada tiga sub-controller dalam desain kendali AUV ini. Sub-controller yang dimaksud adalah:

1. Sub-Controller 1

Pengatur sensor tekanan yang berhubungan dengan fin kanan dan kiri seperti terlihat pada flow-chart gambar 4. Sub-controller ini yang bertugas menjaga posisi kedalaman tertentu sesuai dengan instruksi dari kontrol utama. Sensor tekanan memberikan informasi tentang kedalaman secara real-time, kemudian sub-controller menerima dan membandingkan nilainya dengan angka yang diberikan oleh controller utama, setelah itu dengan logika fuzzy logic, controller mengatur derajat elevasi dari fin kanan dan kiri untuk pengaturan gerak arah vertical AUV sampai tepat menduduki posisi kedalaman yang diinginkan. Data elevasi pitch didapat dari sub-controller 2 dimana terdapat 3 axis gyro.

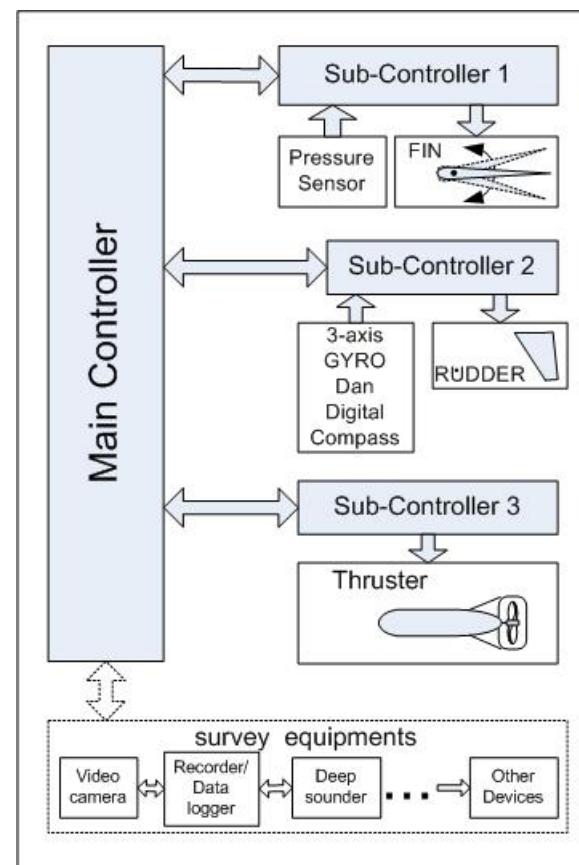
2. Sub-controller 2

Pengatur kestabilan AUV pada bidang radialnya digunakan 3Axis gyro dan kompas digital. Dengan badan yang berbentuk silindris, AUV ini mudah berputar didalam air, terutama disebabkan oleh putaran baling-baling yang akan menimbulkan arah momen yang berlawanan dengan arah putaran baling baling. Disini sub-controller berfungsi untuk menjaga agar badan AUV selalu dalam posisi yang benar pada posisi radialnya. Algoritma kontrolnya seperti pada flowchart gambar 5., Sub-kontroller mendapat informasi gyro baik untuk "roll" maupun "pitch", dan hanya memproses stabilitas roll saja, sedangkan informasi pitch dikirimkan kepada sub-controller sebelunya (sub-kontroller pada penjelasan no.1) untuk menjaga AUV selalu dalam posisi horizontal. Sub-kontroller ini juga mempunyai tugas untuk menjaga arah tujuan berdasarkan informasi dari kompas digital dan GPS. Perjalanan baik di permukaan maupun dibawah permukaan air menuju ke tujuan tertentu menggunakan kompas digital.

3. Sub-controller 3

Sub-controller yang terakhir adalah yang digunakan untuk pengatur thruster.

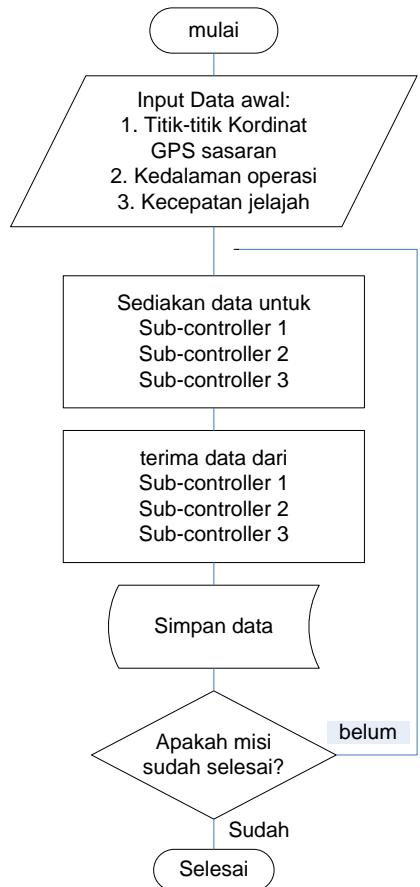
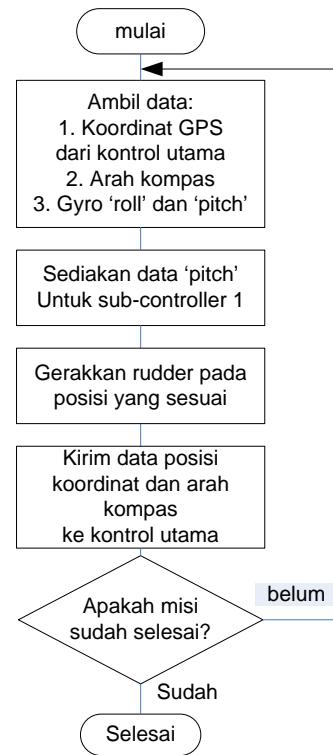
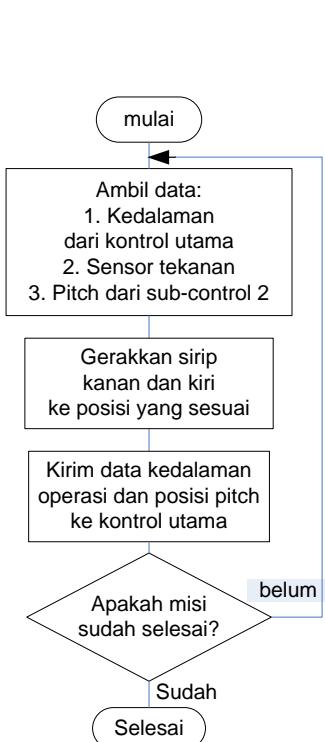
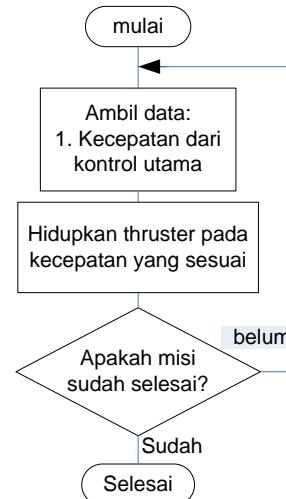
Algoritmanya paling sederhana dan terdapat pada flow-chart gambar 6. Karena thruster menggunakan brushless DC motor 3-fasa sebagai penggerak utamanya, maka membutuhkan driver yang berbasis mikrokontroller secara independen. Kecepatan thruster dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan pada waktu survei. Pada waktu AUV bergerak menuju titik survei, dapat menggunakan kecepatan penuh. Setelah sampai pada tempat tujuan dan menyelam menurut kedalaman tertentu, AUV akan bergerak dengan kecepatan yang diperlukan oleh peralatan survey atau data logger yang dibawanya.



Gambar2. Sistem kontrol AUV

Sistim Pendorong (Thruster)

Komponen utama penggerak berupa thruster yang mendorong dan mengarahkan pergerakan AUVs. Variasi kecepatan dan jarak tempuh dari AUV ditentukan oleh thruster dan pendukungnya.

**Gambar 3.** Flow chart kontrol utama**Gambar 5.** Flow chart sub-control 2**Gambar 4.** Flow chart sub-control 1**Gambar 6.** Flow chart sub-control 3

Thruster ini terdiri dari komponen utama yaitu baling-baling (propeller), motor listrik, motor controller, dan battery(power supply).

Pada sebagian disain thruster juga ada yang melengkapinya dengan *rudder* (pengarah) supaya AUV dapat melakukan maneuver

[Kumar, 2006]. Gambar 7. adalah menunjukkan bagian thruster pada bak pengujian



Gambar 7. Thruster (pendorong)

Fungsi dari thruster ini sangat penting, karena bagian ini yang memberikan tenaga/daya dorong kepada AUV itu sendiri. Apabila bagian ini mengalami kegagalan ditengah misinya untuk survey maka akan mengakibatkan gagalnya misi tersebut, dan yang lebih fatal lagi dapat berakibat hilangnya AUV tersebut di dalam laut. Dari kemungkinan kegagalan dapat disebabkan oleh:

1. Daya dorong dari thruster yang tidak sesuai dengan beban peralatan survey yang dibawa,
2. Ketahanan power supply (*battery*) yang tidak mencukupi.
3. Jenis baling baling (*propeller*) dari thruster yang tidak efisien
4. Pemilihan kecepatan UAV yang terlalu tinggi atau terlalu rendah sehingga effisiensi system menjadi rendah.
5. Durasi kerja yang tidak diketahui pasti.

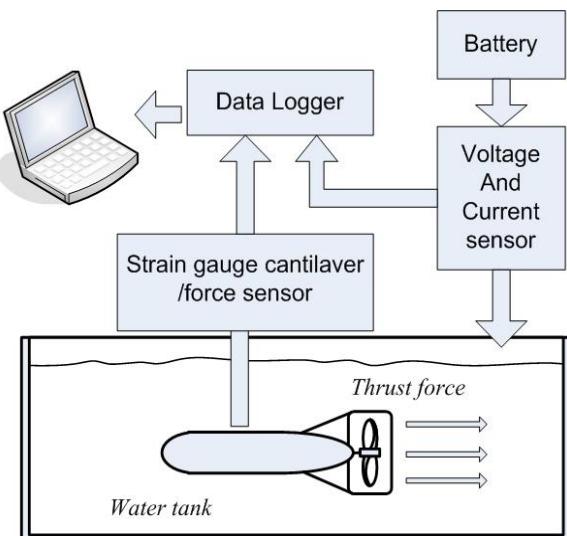
Thrust force atau gaya dorong dari suatu thruster pada AUV menentukan kecepatan dan daya angkut daripada AUV tersebut. Dalam komponen baling-baling itu sendiri terdapat beberapa variabel yang menentukan kemampuan daya dorong, yang antara lain adalah besaran *pitch per rotation*, diameter, kecepatan putaran dan torsi poros. Hal yang penting juga diketahui untuk thruster system pada AUV ini adalah daya listrik yang diperlukan untuk durasi waktu kerja yang telah ditentukan. Oleh sebab itu maka dilakukan serangkaian pengujian teknis di laboratorium untuk menetukan thruster yang paling effisien dan sesuai untuk AUV.

Variabel yang ada pada system thruster ini yang

pertama adalah thrust force yaitu daya dorong yang dihasilkan dari propeller, besaran gaya dorong diperlukan untuk menghitung kecepatan AUV secara teoritik menggunakan persamaan drag force. Komponen variable yang kedua yaitu daya (watt), yaitu daya listrik dari battery yang diperlukan thruster. Komponen experimental ini sangat penting yaitu untuk mengetahui durasi kerja dan jarak tempuh maksimal dari AUV.

Setup uji thruster

Untuk pengujian thrusters ini dibuat sebuah *thruster test-bed* [Byron, 2007 dan Robert, 2007]. Alat inilah yang akan menguji thruster yang didisain untuk AUV. Pada gambar 8. ditunjukkan setup alat pengujian thruster yang telah dilakukan. Thruster diletakkan dalam bak pengujian dengan menggunakan penyangga yang berisi tuas sensor gaya berbasis strain gauge. Tuas ini akan membaca nilai gaya yang dihasilkan sistem pendorong. Sedangkan input daya yang diukur adalah input daya listrik yang merupakan perkalian komponen beda potensial (volt) dengan arus listrik yang digunakan (Ampere).



Gambar 8. Setup pengujian sistem pendorong (thrusters)

Adapun spesifikasi benda uji adalah sebagai berikut:

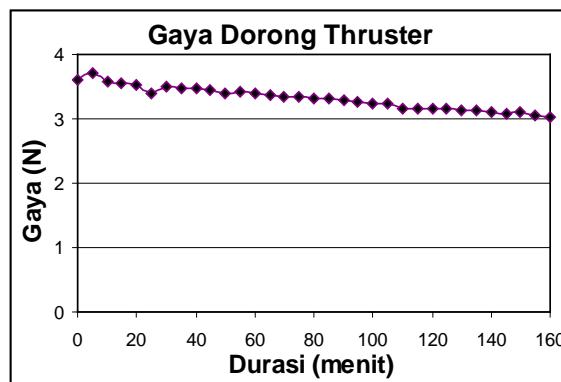
1. Baterry

Jenis	:	LiIon
Tegangan	:	7.4 V
Kapasitas	:	6600mAh

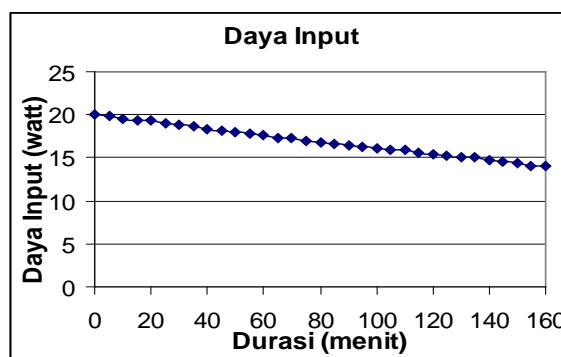
2. Thruster

Jenis Motor : DC motor

Baling baling : reinforced fiber glass

**Gambar. 9.** Hasil uji gaya dorong

Dari hasil pengujian terlihat bahwa gaya dorong motor pada durasi pengujian 2 jam 40menit terjadi penurunan. Besarnya penurunan gaya dorong adalah 0,6N

**Gambar. 10.** Hasil uji gaya dorong

Sedangkan pengujian daya input terlihat bahwa terdapat penurunan kapasitas battery yang cukup signifikan. Penurunan sebesar 27%.

Kesimpulan

Pertimbangan desain untuk mendapatkan kualitas dan ketahanan AUV diperlukan terutama untuk penyelaman di laut dalam. Penggunaan multi sensor dengan pilihan sesuai dengan kebutuhan dan budget menjadi suatu

pertimbangan tersendiri khususnya untuk penelitian dengan dana yang relatif kecil. Desain dan algoritma kontrol dengan konfigurasi kontrol utama dan dibantu 3 buah sub-controller dapat memperbaiki performa dengan menjamin bahwa kendali sirip, rudder dan thrusters dapat berlangsung secara simultan. Pengujian thruster diperlukan untuk mengetahui durasi dan jangkauan kerja AUV,

Ucapan Terimakasih

Terimakasih team member, kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dan Universitas Syiah Kuala yang sedang mendanai penelitian dalam skim Riset Unggulan Perguruan Tinggi (RIP) tahun 2012.

Referensi

Andonian, M.; Chyba, M.; Grammatico, S.; Caiti, A.; Using geometric control to design trajectories for an AUV to map and sample the summit of the Loihi submarine volcano, Proceeding of Autonomous Underwater Vehicles (AUV), IEEE/OES, Monterey, CA (2010)

Alexander V., Inzartsev. P., "Underwater Vehicles", In-Tech, Croatia (2009),

Bellingham, J.G. Yanwu Zhang Kerwin, J.E. Eriksson, J. Hobson, B. Kieft, B. Godin, M. McEwen, R. Hoover, T. Paul, J. Hamilton, A. Franklin, J. Banka, A., Efficient propulsion for the Tethys long-range autonomous underwater vehicle, Proceeding of Autonomous Underwater Vehicles (AUV), IEEE/OES, Monterey, CA (2010)

Kumar, R.P.; Babu, S.S.; Srilekha, Y.; Kumar, C.S.; Sen, D.; Dasgupta, A., "Test-bed for Navigation and Control of a Thruster based AUV", Proceeding on Asia Pacific OCEANS (2006)