

Studi Pemasangan Arrester pada Saluran Transmisi Sungguminasa-Tallasa

Suhartin Utami Ningsih¹⁾, Ahmad Rizal Sultan, S.T., M.T., Ph.D.²⁾, Nurhayati, S.Si., M.T.³⁾

^{1, 2, 3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

email: suhartinutami23@gmail.com

email: rizal.sultan@poliupg.ac.id

email: nurhayatigazalisanusi@gmail.com

Abstract

Petir merupakan fenomena alam yang tidak dapat ditiadakan dan merupakan penyebab gangguan transmisi paling dominan di Indonesia. Dalam masyarakat modern, petir menjadi permasalahan yang sangat penting karena petir memiliki kemampuan untuk mengganggu dan bahkan merusak infrastruktur publik seperti sistem tenaga listrik (pembangkitan, transmisi dan distribusi), sistem telekomunikasi, dan peralatan elektronik. Kesenambungan penyaluran listrik merupakan hal yang paling penting dalam bidang industri. Terjadinya gangguan sesaat dalam penyaluran bisa menimbulkan kerugian yang cukup besar. Ini tentu saja menjadi tantangan agar pasokan listrik selalu tersedia dalam kondisi apapun. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi kenaikan tegangan lebih pada saluran akibat sambaran petir adalah dengan metode pemasangan Transmission Line Arrester (TLA). Data hasil penelitian yang diperoleh melalui pengumpulan data antara lain peta kerapatan sambaran petir dari BMKG, spesifikasi saluran udara tegangan tinggi (berupa data lokasi menara dan kondisi daerah di sekitarnya); yang mana dalam hal ini SUTT 150 kV Sungguminasa-Tallasa, dan spesifikasi TLA yang digunakan. Dalam pengolahan datanya, digunakan aplikasi Google Earth untuk melihat lokasi secara grafis jalur transmisi Sungguminasa-Tallasa, dan Microsoft Excel untuk nanti hasilnya dianalisis secara kuantitatif dan deskriptif. Adapun dari hasil studi, diketahui bahwa jalur transmisi Sungguminasa-Tallasa yang dipasang TLA merupakan salah satu jalur backbone sistem Sulselbar, dan memiliki karakteristik petir di mana berdasarkan data tahun 2015 jumlah sambaran CG- tergolong tidak sedikit, yakni sebanyak 233 sambaran dalam 4 bulan (Januari, Februari, November, dan Desember) dan sambaran petir CG+ semakin meningkat, yakni dari yang semula jumlah sambaran sebanyak 28 sambaran pada bulan Januari, menjadi 39 buah sambaran pada akhir bulan Desember. Faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan titik lokasi penempatan sebuah TLA ada 3, yaitu harga TLA, kondisi menara dan sekitarnya termasuk tahanan jenis tanah, dan titik penempatan TLA.

Keywords: Petir, Transmission Line Arrester

I. PENDAHULUAN

Petir merupakan fenomena alam yang tidak dapat ditiadakan. Dalam masyarakat modern, petir menjadi permasalahan yang sangat penting karena petir memiliki kemampuan untuk mengganggu dan bahkan merusak infrastruktur publik seperti sistem tenaga listrik (pembangkitan, transmisi, dan distribusi), sistem telekomunikasi, dan peralatan elektronik.

Petir merupakan penyebab gangguan transmisi paling dominan di Indonesia. Indonesia, khususnya pulau Sulawesi berada dekat dengan garis khatulistiwa (*equatorial belt*) yang mendapat sinar matahari sepanjang tahun. Selain itu, Sulawesi Selatan juga dikelilingi oleh laut dan terletak pada daerah yang sangat kuat dipengaruhi oleh serta angin lokal, yakni angin darat dan angin laut, dan Samudra Indonesia. Keberadaan sinar matahari, uap air, dan pergerakan angin

tersebut menimbulkan pembentukan awan petir pada hampir seluruh daerah di Sulawesi Selatan yang di dalamnya terdapat jaringan transmisi 150 kV.

Seperti yang kita ketahui bahwa pusat pembangkit listrik umumnya dihubungkan dengan saluran transmisi udara yang menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit ke pusat-pusat konsumsi tenaga listrik, yaitu gardu-gardu induk (GI). Sedangkan transmisi udara ini rawan sekali terhadap sambaran petir yang menghasilkan gelombang berjalan (surja tegangan) yang dapat masuk ke pusat pembangkit listrik. Yang mana hal ini akan menyebabkan gangguan pada pendistribusian tenaga listrik ke konsumen.

Adapun sebagai upaya pencegahan lanjutan dalam meminimalisir gangguan yang disebabkan akibat adanya sambaran petir pada saluran transmisi adalah dengan memasang arrester pada lokasi yang diperkirakan rentan

terhadap gangguan sambaran petir, di mana dalam hal ini dengan melakukan metode pemasangan *Transmission Line Arrester* (TLA).

II. KAJIAN LITERATUR

2.1 Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)

Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) adalah sarana di atas tanah untuk menyalurkan tenaga listrik dari Pusat Pembangkit ke Gardu Induk (GI) atau dari GI ke GI lainnya yang terdiri dari kawat/konduktor yang direntangkan antara tiang-tiang melalui isolator-isolator dengan sistem tegangan tinggi (30 kV, 70 kV, dan 150 kV)^[1].

2.2 Petir

Proses Pembentukan Petir

Petir merupakan suatu peristiwa peluahan muatan listrik di atmosfer. Pada suatu keadaan tertentu dalam lapisan atmosfer bumi terdapat gerakan angin ke atas (*updraft*) membawa udara lembab. Semakin tinggi dari permukaan bumi, semakin rendah tekanan suhunya. Uap air mengondensasi menjadi titik air dan membentuk awan.

Angin keras dengan kecepatan 30000–40000 kaki yang bertiup ke atas membawa awan lebih tinggi. Pada ketinggian lebih dari 5 km, partikel uap air dan partikel aerosol yang ada di awan akan membeku menjadi kristal-kristal es dan kemudian turun lagi karena adanya gravitasi bumi. Karena air mengalami pergerakan acak vertikal dan horizontal, maka terjadilah pemisahan muatan listrik. Tetesan air yang berada di bagian atas awan biasanya bermuatan positif dan di bagian bawah bermuatan negatif.

Akibat adanya awan yang bermuatan akan timbul muatan induksi pada permukaan bumi, hingga timbul medan listrik. Mengingat dimensinya, bumi dianggap rata terhadap awan, maka permukaan bumi dan awan dapat dianggap sebagai dua keping plat kondensator. Dengan demikian terjadi akumulasi muatan di awan yang polaritasnya berbeda dengan permukaan bumi. Jika medan listrik yang terjadi melebihi medan tembus udara, maka akan terjadi pelepasan muatan. Pada saat itulah terjadinya petir awan ke tanah^[2].

Hari Guruh Tahunan (Ikl)

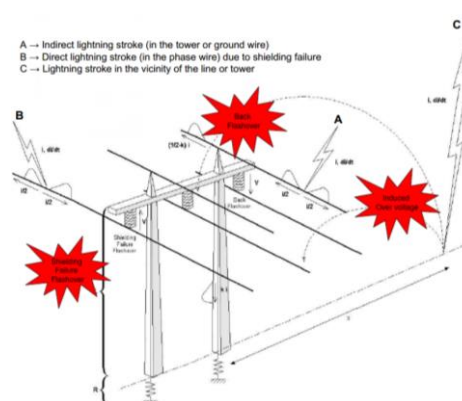
Isokeraunik Level atau yang biasa disimbolkan dengan Ikl adalah jumlah hari

guruh dalam satu tahun di suatu wilayah yaitu garis pada peta yang menghubungkan daerah-daerah dengan rata-rata jumlah hari guruh yang sama^[3].

Sambaran Petir pada Transmisi

Proses sambaran petir pada saluran transmisi dapat menyebabkan gangguan melalui 3 cara. (Hal ini ditunjukkan pada Gambar 1):

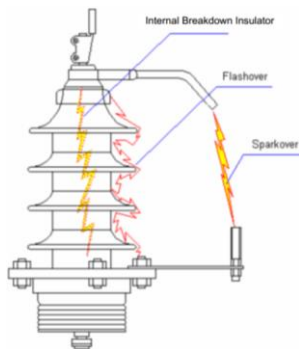
- Sambaran langsung pada kawat fasa atau biasa disebut *direct lightning stroke*. Hal ini disebabkan karena kegagalan sudut perlindungan petir. Biasanya disebabkan oleh petir dengan arus yang tidak terlalu besar sehingga diameter jarak sambarannya tidak terlalu besar. Arus sambaran petir tersebut jika dikalikan dengan 0.5 dari karakteristik impedansi (300Ω) akan menghasilkan *magnitude* tegangan yang besar sehingga dapat menyebabkan *flashover* atau *sparkover*. Kejadian ini biasa disebut sebagai *shielding failure flash/sparkover*.
- Sambaran tidak langsung yang mengenai *tower* atau kawat tanah (*ground wire*). Nilai arus petir dan pentanahan kaki *tower* yang besar serta nilai impedansi *tower* yang menyebabkan *magnitude* tegangan menjadi besar sehingga dapat menyebabkan *flashover* atau *sparkover*. Kejadian ini biasa disebut sebagai *back flash/sparkover*.
- Sambaran petir di sekitar saluran transmisi yang menyebabkan induksi tegangan pada kawat fasa atau tanah.



Gambar 1 Sambaran Petir pada Saluran Transmisi^[4]

Jenis-jenis sambaran petir di atas, seperti telah dijelaskan, akan mengakibatkan *magnitude* tegangan yang tinggi sehingga memberikan tekanan (*stress*) yang melebihi kemampuan daya tahan *insulator* atau *arcing horn*.

Hal ini dapat menimbulkan gangguan *arc* pada *insulator* atau *arcing horn* yang berupa *internal breakdown insulator*, *flashover*, dan *sparkover* seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Jika nilai *magnitude* tegangan sangat tinggi, *backflash/sparkover* dapat terjadi pada lebih dari 1 fasa dan mengakibatkan gangguan 2 fasa tanah bahkan pada 2 penghantar sekaligus.



Gambar 2 Gangguan Arc pada Insulator dan Arcing Horn^[4]

2.3 Sistem Pembumian

Sistem pembumian atau biasa disebut sebagai *grounding system* adalah sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik akibat gangguan atau kerusakan dari *Internal System* maupun dari luar (petir). Sistem pengetanahan digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau sirkuit listrik dengan tanah atau bumi. Tujuan utama pengetanahan adalah menciptakan jalur yang *low-impedance/* hambatan yang rendah terhadap permukaan bumi untuk gelombang listrik besar akibat gangguan dan *transient voltage* dari *circuit switching* dan *electrostatic discharge*. Sistem pengetanahan yang efektif akan meminimalkan efek tersebut^[5].

2.4 Transmission Line Arrester (TLA)

TLA adalah *arrester* yang dipasang pada jalur transmisi. Cara kerjanya sama seperti *Lightning Arrester* pada umumnya. Berfungsi untuk melindungi *insulator* yang dipasang pada jalur transmisi dari *backflash/sparkover* pada saat terkena sambaran petir.

Sebuah *Transmission Line Arrester* (TLA) harus mampu bertindak sebagai insulator, mengalirkan beberapa miliampere arus bocor ke tanah pada tegangan sistem dan berubah menjadi konduktor yang sangat baik, mengalirkan ribuan ampere arus surja ke tanah, memiliki tegangan yang lebih rendah

daripada tegangan yang mampu ditahan oleh isolator kawat (*withstand string insulator*) ketika terjadi tegangan lebih, dan menghilangkan arus susulan mengalir dari sistem melalui TLA setelah surja petir berhasil didisipasikan. Adapun bentuk fisik dari sebuah TLA bisa dilihat di Gambar 3.

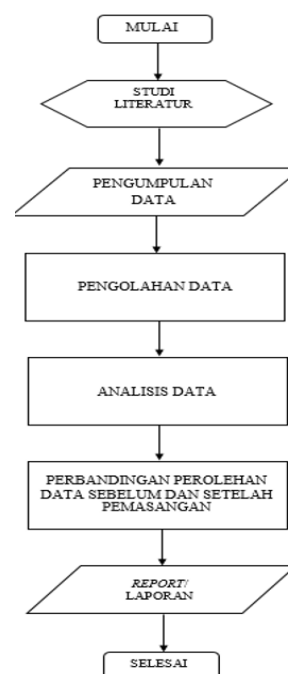


Gambar 3 Transmission Line Arrester (TLA)^[6]

Adapun *Transmission Line Arrester* (TLA) terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- 1) *Clamp*
- 2) *Corona Ring*
- 3) *Insulator Housing*
- 4) *Disconnecter*
- 5) *Grounding*
- 6) *Arrester Condition Monitoring (ACM)*

III. METODE PENELITIAN



Gambar 4 Flowchart Prosedur Penelitian

Data hasil penelitian yang diperoleh melalui pengumpulan data antara lain peta kerapatan sambaran petir dari BMKG,

spesifikasi saluran udara tegangan tinggi (berupa data lokasi menara dan kondisi daerah di sekitarnya); yang mana dalam hal ini SUTT 150 kV Sungguminasa-Tallasa, dan spesifikasi TLA yang digunakan.

Adapun dalam pengolahan datanya, digunakan aplikasi Google Earth untuk melihat lokasi secara grafis jalur transmisi Sungguminasa-Tallasa dan elevasi masing-masing menara, dan Microsoft Excel untuk nanti hasilnya dianalisis secara kuantitatif dan deskriptif.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Saluran Udara Tegangan Tinggi

(SUTT) 150 kV Sungguminasa-Tallasa

Saluran transmisi udara Sungguminasa-Tallasa yang memiliki tegangan operasi sekitar 150 kV, merupakan salah satu ruas transmisi yang merupakan jalur *backbone* pada sistem Sulselbar, yang di mana apabila mengalami gangguan, maka akan menyebabkan keseluruhan sistem Sulselbar terganggu.

Adapun jalur transmisi ini memiliki data-data sebagai berikut:

- Jalur Sungguminasa-Tallasa dengan menara *double circuit*, di mana masing-masing *circuit* 1 dan 2-nya memiliki panjang 26,43 km.
- Jumlah total menara secara keseluruhan untuk jalur ini, yakni sebanyak 81 buah menara; dengan nomor menara, yaitu 38-118. Lokasi-lokasi menara ini berada pada daerah Kabupaten Gowa sebanyak 42 buah dan Kabupaten Takalar sebanyak 39 buah.

Seperti diketahui, apabila sebuah jalur transmisi beroperasi secara parsial, jarak terjauh yang paling efektif adalah 100 km. Jika jarak transmisi lebih dari 100 km maka tegangan jatuh (*drop voltage*) terlalu besar, sehingga tegangan di ujung transmisi menjadi rendah.

Jalur ini merupakan jalur transmisi kedua terpanjang yang dibawah oleh Tragi Panakkukang setelah Sungguminasa-Maros, dan merupakan salah satu jalur *backbone* untuk Sistem Sulselbar.

4.2 Karakteristik Petir Daerah Jalur Transmisi Sungguminasa-Tallasa

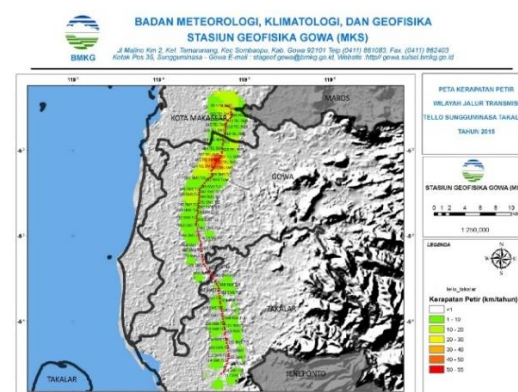
Untuk menentukan karakteristik petir sebuah daerah, cukup dilihat dari jumlah kerapatan petir per tahunnya.

Adapun untuk studi kali ini, data yang digunakan hanyalah data pada awal tahun

(bulan Januari dan Februari), dan akhir tahun (November dan Desember).

Berdasarkan informasi dari BMKG, pada bulan Januari 2015 untuk wilayah Tello-Sungguminasa-Takalar, terdapat 139 sambaran petir yang mana semuanya adalah tipe petir awan ke tanah atau *Cloud to Ground* (CG) dengan total untuk CG- sebanyak 111 sambaran dan CG+ sebanyak 28 sambaran. Pada bulan Februari 2015 terdapat 57 sambaran petir dengan total untuk CG- sebanyak 45 sambaran dan CG+ sebanyak 12 sambaran. Pada bulan November 2015 terdapat 46 sambaran petir dengan total untuk CG- sebanyak 28 sambaran dan CG+ sebanyak 18 sambaran. Dan pada bulan Desember 2015 terdapat 88 sambaran petir dengan total untuk CG- sebanyak 49 sambaran dan CG+ sebanyak 39 sambaran.

Dari data di atas, bisa dilihat setiap bulannya jumlah sambaran CG+ bertambah. Ini tentu menjadi ancaman bagi kesinambungan penyaluran tenaga listrik dan juga keamanan peralatan-peralatannya. Seperti diketahui bahwa sambaran CG+ jauh lebih berbahaya dari CG-. Selain karena jenis sambaran ini bisa sampai 10 kali lipat lebih kuat dari yang *negative*, tipe ini juga 10 kali lebih lama terjadinya dibanding CG-. Inilah yang menjadi alasan mengapa jenis sambaran ini menimbulkan kerusakan yang cukup besar dan penyebab terjadi banyak kematian.



Gambar 5 Peta Kerapatan Petir Wilayah Jalur Transmisi Tello-Sungguminasa-Takalar Tahun 2015^[7]

Dalam sistem pendistribusian listrik sendiri, ini tentu menjadi tantangan bagi kehandalan sistem proteksi yang dipasang untuk menjaga agar penyaluran daya listrik tetap berjalan dalam situasi apapun.

4.3 Tata Letak Pemasangan *Transmission Line Arrester* (TLA)

Rencana pengadaan *Transmission Line Arrester* (TLA) di jalur Sungguminasa-Tallasa sudah direncanakan sejak awal bulan di tahun 2016, namun baru tiba dan dipasang di awal tahun 2017. Pemasangan TLA dimulai sejak bulan Januari 2017 hingga Februari 2017, pada menara 41 dan berakhir menara 107 dengan total menara yang dipasang sebanyak 15 menara, di mana rencana awal pemasangan sebanyak 24 buah menara. Adapun jumlah menara yang dipasang berkurang, namun tetap sesuai rencana awal pengadaan TLA, yaitu dengan total TLA sebanyak 60 buah. Adapun untuk tanggal pemasangannya di masing-masing menara bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Pemasangan TLA Jalur Sungguminasa-Tallasa

No. Menara	41-43		46-48		52-54		67-69		105-107	
Posisi Fasa TLA	Atas-Bawah		Atas-Bawah		Atas-Bawah		Atas-Bawah		Atas-Bawah	
Line	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Tanggal Pemasangan	25 Januari 2017		31 Januari 2017		26 Januari 2017		3-4 Februari 2017		27 Januari 2017	
	31 Januari 2017		26 Januari 2017		3-4 Februari 2017		27 Januari 2017		28 Februari 2017	
							27 dan 30 Januari 2017		2 Februari 2017	
							1 Februari 2017		1 Februari 2017	
									28 Februari 2017	
									2 Februari 2017	

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi pemasangan TLA adalah sebagai berikut:

❖ Harga TLA

Jumlah TLA yang hanya sebanyak 60 buah, padahal jumlah menara yang rawan terkena sambaran tidak tergolong sedikit. Ini disebabkan harga TLA per buah cukup mahal. Di mana satu buah TLA saja harganya mencapai Rp. 36.000.000 dengan biaya pemasangan per TLA Rp. 2.500.000. Sehingga total pemasangan TLA untuk Jalur Sungguminasa-Tallasa saja sudah menghabiskan biaya sekitar Rp. 2.310.000.000. Bukan biaya yang sedikit tentunya. Oleh karena itu perencanaan yang matang mengenai titik-titik pemasangannya tentu saja diperlukan.

❖ Kondisi Menara dan Sekitarnya

Adapun penentuan titik pemasangannya ditentukan dengan melihat menara yang mana yang paling sering terkena sambaran dan rawan akan mengalami *backflash*, dengan turut mempertimbangkan tahanan pembumian tanah di sekitar menara. Kondisi menara

dilihat dengan melakukan inspeksi mingguan dalam sekali seminggu. Pengecekan yang dilakukan berupa *insulator* yang terpasang, baut, besi-besi rangka tiang, dan masih banyak lagi di mana salah satunya adalah tahanan pembumian tanah yang bisa menimbulkan terjadinya *high earth resistance*.

❖ Titik Penempatan TLA

Salah satu hal yang juga penting untuk dipertimbangkan dalam menentukan tata letak pemasangan TLA, yaitu titik letak pemasangannya, dalam hal ini jalur *circuit* dan titik fasanya.

Pada Tabel 1 bisa dilihat bahwa dalam pemasangan TLA jalur ini, TLA dipasang pada masing-masing *circuit* menara, tepatnya pada fasa R dan T. Perubahan rencana yang semula akan dipasang pada 24 menara, namun yang terealisasi hanya pada 15 menara, ini mempertimbangkan keandalan proteksinya. Di mana selain untuk menara yang rawan sambaran petir dipasang TLA, menara sebelum dan setelahnya juga dipasang TLA dengan anggapan bahwa arus sambaran petir yang kuat tidak cukup di-*grounding*-kan di satu menara saja. Alasan pemasangan pada fasa R dan T, yaitu dengan mempertimbangkan bahwa petir menyambar dari samping, di mana tentu saja ini tidak dapat dilindungi oleh *Ground Steel Wire* (GSW).

Seperti diketahui kawat tanah atau *Ground Steel Wire* (GSW) berguna untuk melindungi kawat-kawat penghantar atau kawat-kawat fasa terhadap sambaran petir. Kawat tanah ini dipasang di atas kawat fasa dengan sudut perlindungan yang sekecil mungkin, dengan anggapan petir menyambar dari atas konduktor. GSW inilah yang nanti diandalkan untuk melindungi fasa S pada masing-masing *circuit*. Perlindungan pada fasa S juga hanya bergantung dan mengandalkan sistem proteksi transmisi lain, seperti *Auto Reclose Relay Distance* dalam menjaga penghantar dari kemungkinan terputusnya penyaluran tenaga listrik ketika terjadi gangguan petir.

Untuk memperbaiki keandalan jaringan transmisi terhadap surja petir, maka *Transmission Line Arrester* (TLA) dapat dipasang paralel dengan *string set insulator*. Penempatan TLA pada ruas transmisi berdasarkan pada kajian tersendiri.

4.4 Cara Kerja *Transmission Line Arrester* (TLA) Secara Umum

Petir merupakan salah satu peristiwa alam di mana terjadi pelepasan muatan listrik di awan. Energi yang dihasilkan petir sangat besar, di mana satu sambaran petir bisa digunakan untuk menyalakan 1 buah lampu 100 W selama lebih dari 3 bulan. *Transmission Line Arrester* (TLA) merupakan peralatan yang didesain untuk melindungi peralatan lain di SUTT dari tegangan surja (baik surja hubung maupun surja petir) dan pengaruh *follow current*.

Seperti prinsip kerja sebuah *arrester* pada umumnya, komponen ini bersifat *sebagai bypass* di sekitar isolasi yang membentuk jalan yang mudah dilalui oleh arus kilat ke sistem pembumian sehingga tidak menimbulkan tegangan lebih yang tinggi dan tidak merusak isolasi peralatan listrik.

Pada kondisi normal TLA bertindak sebagai *insulator*, mengalirkan beberapa miliampere arus bocor ke tanah. Sedangkan pada kondisi gangguan TLA akan berubah menjadi konduktor yang sangat baik, mengalirkan ribuan Ampere arus surja ke tanah. Pada *line* transmisi TLA digunakan untuk melindungi insulator dari kerusakan/*flashover* maupun *backflash* akibat tegangan lebih petir. Selain itu juga untuk mencegah pemadaman yang ditimbulkan tegangan lebih karena TLA dapat menghilangkan arus susulan mengalir dari sistem setelah surja petir atau surja hubung berhasil didisipasikan.

4.5 Dampak Pemasangan *Transmission Line Arrester* (TLA)

Gangguan yang terjadi akibat sambaran petir pada sistem Sulselbar untuk tahun 2016 tercatat ada sebanyak 11 kasus gangguan, dengan salah satu kasusnya terjadi pada jalur *backbone* Sungguminasa-Tallasa, tepatnya pada tanggal 19 Januari 2016 yang menyebabkan terjadinya *black out* untuk sistem Sulselbar.

Pada tahun 2015 sendiri terdapat 37 kasus gangguan yang terjadi akibat sambaran petir, dengan salah satu kasusnya juga terjadi pada jalur *backbone* Sungguminasa-Tallasa.

V. KESIMPULAN

Dari hasil studi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa jalur transmisi Sungguminasa-Tallasa merupakan salah satu jalur *backbone* sistem Sulselbar memiliki

karakteristik petir di mana berdasarkan data tahun 2015 jumlah sambaran CG- tergolong tidak sedikit dan sambaran petir CG+ semakin meningkat. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan titik lokasi penempatan sebuah TLA ada 3, yaitu harga TLA, kondisi menara dan sekitarnya termasuk tahanan pembumian tanah, dan titik penempatan TLA; penghantar berapa, fasa apa saja, dan model dipasangnya. Dampak pemasangan TLA belum dapat disimpulkan keefektifitasannya, dikarenakan intensitas petir masih belum terlalu tinggi akibat baru dimulainya musim penghujan dan pemasangan TLA yang belum sampai setahun, tepatnya baru 6 bulan, sehingga data yang terkumpul masih minim.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, PT. PLN (Persero) Unit Transmisi dan Gardu Induk Panakkukang dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika yang telah membantu dalam pengumpulan data dan pembelajaran serta teman-teman 3B D3 Listrik 2014.

REFERENSI

- [1] PT. PLN (Persero). 1981.
- [2] Malan, D.J. 1963. *Physics of Lightning*. London: English Universities Press.
- [3] PT. Jaya Angkasa Globalindo. 2016. *Hari Guruh*, (Online), (<http://www.kontraktorpetir.com/petir/artikel-dan-fakta-penangkal-petir/256-hari-guruh>), diakses 26 September 2017).
- [4] Wihartady, Handy dkk. 2012. *Mitigasi Gangguan Transmisi Akibat Petir pada PT. PLN (Persero) P3B Sumatera UPT Tanjung Karang*. (Online), (https://www.researchgate.net/publication/292335347_Mitigasi_Gangguan_Transmisi_Akibat_Petir_Pada_PT_PLN_Persero_P3B_Sumatera_UPT_Tanjung_Karang), diakses pada 04 Maret 2017).
- [5] Hutauruk, T.S. 1991. *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga.
- [6] PT. PLN (Persero). 2014. *Buku Pedoman Pemeliharaan Transmisi Kepdir 0520-1.K.Dir.2014*.
- [7] Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). 2016.

Pemodelan Matematis Gerak Wahana Pengindera Bawah Laut

Iis Hamsir Ayub Wahab¹, Achmad Prajudin Sardju², Rintania Elliyati Nuryaningsih³

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik, Universitas Khairun
email: ¹hamsir@unkhair.ac.id, ²mattsardju@unkhair.ac.id, ³rintania@unkhair.ac.id

Abstract

Hal yang paling penting dalam merancang rov adalah bagaimana merumuskan pergerakan wahana tersebut. Makalah ini mensimulasikan model matematis gerak wahana bawah laut (ROV). Metode yang digunakan dalam makalah ini adalah melakukan pemodelan matematis dengan menggabungkan disiplin statika dan dinamika gerak ROV. Statika mengacu pada kekuatan dan momen yang bekerja pada sistem fisik di sekitar titik ekuilibrium, sedangkan dinamika mengacu pada efek gaya pada gerak benda. Model matematika linier yang dianalisis dapat digabungkan atau dipisahkan dengan memperhatikan keadaan lingkungan sekitarnya. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pergerakan robot, baik pergerakan dasar maupun kombinasinya memiliki karakteristik yang alami.

Keywords: Wahana bawah laut, simulasi, dinamika gerak

I. PENDAHULUAN

Wahana pengindera bawah laut yaitu ROV dan AUV telah diterapkan di berbagai bidang kapal selam. Sejalan perkembangannya, wahana tersebut cenderung digunakan sebagai kendaraan bawah air kecil otonom, baik ditambatkan di sungai, danau dan lautan. Wahana pengindera bawah laut biasa disebut juga sebagai robot bawah air. ROV dan AUV berguna dalam berbagai bidang dan untuk berbagai aplikasi seperti inspeksi, pemetaan atau batimetri [1].

Penelitian tentang wahana pengindera bawah air memungkinkan manusia untuk menyelidiki di lingkungan bawah air yang dalam dan berbahaya tanpa harus masuk ke dalam lingkungan tersebut. Pengembangan yang terus dilakukan pada wahana tersebut lebih mengarah pada wahana ROV terutama pada sistem kendalinya. Pengembangan kendali yang efektif untuk ROV sangatlah tidak mudah karena sifat yang nonlinear dari wahana tersebut dan gangguan-gangguan yang berasal dari lingkungan eksternal seperti arus air, gelombang, perubahan suhu dan tekanan [2].

Sejumlah penelitian mengenai pengembangan algoritme kendali yang efektif untuk ROV telah dilakukan oleh [3][4]. Salah satu temuan adalah bahwa kualitas sinyal umpan balik dari sistem sensor ROV memainkan peran penting dalam kinerja kendaraan sejak sinyal, dipengaruhi oleh

suara, dapat merendahkan kualitas kontrol ROV dan bahkan menyebabkan ketidakstabilan sistem. Dengan demikian, kebutuhan untuk mengembangkan ditingkatkan pengamat orientasi yang efektif untuk ROV untuk memberikan sinyal yang akurat dan kuat [5].

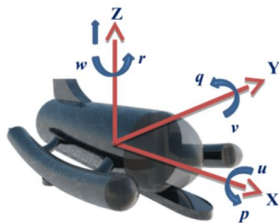
Perkembangan lebih lanjut, Dukan and Sørensen [6] melakukan otomatisasi pada ROV tidak hanya fungsi kendali gerak, tetapi juga meningkatkan akurasi posisi dan meninggalkan pilot untuk mengawasi operasi ROV. Hal tersebut merupakan pengembangan yang dilakukan oleh [7]. Pengembangan terjadi pada posisi dinamis (DP) sistem ROV. Sebuah perbaikan lebih lanjut dalam sistem DP adalah untuk menyertakan fungsi kontrol otomatis untuk kontrol ketinggian dan medan. Selama operasi survei untuk pemetaan dasar laut dan pemantauan di berbagai medan fungsi tersebut diperlukan.

Selain pengembangan pada sistem kendali, ada beberapa penelitian yang menerapkan wahana bawah laut sebagai sistem pengindera. Khadhraoui et al. [1] mempelajari ROV sebagai kendaraan kapal selam *ultraportable* yang diharapkan untuk observasi dan eksplorasi di situs sejarah bawah laut. ROV dilengkapi dengan dua kamera untuk Tele-eksplorasi. Dalam rangka untuk menstabilkan ROV, sistem harus distabilkan untuk posisi yang diinginkan dan sikap di bawah efek hidrodinamik. Berdasarkan ROV Model kinodinamis membuktikan bahwa kondisi yang

diperlukan ini tidak memuaskan, maka harus ada umpan balik linear secara terus menerus untuk memecahkan masalah kestabilan. Oleh karena itu, secara eksplisit kendali homogen runtun waktu harus dijabarkan [8]. Beberapa contoh aplikasi lainnya dari penggunaan wahana ini dapat ditemukan di [9–12].

II. MODEL PERGERAKAN 3D ROBOT

Hal terpenting dalam perancangan robot bawah laut ini adalah bagaimana memformulasikan pergerakan robot tersebut. Gambar 1 menunjukkan gambar rancangan dan posisi robot terhadap bidang koordinat. Berdasarkan bidang koordinat tersebut, terdapat 6 (enam) derajat kebebasan (*degree of freedom*, DOF), dimana robot dapat bergerak sebagai berikut: maju ke depan, miring ke samping dan menguping ke atas mengikuti arah sumbu X, Y dan Z dan berputar, naik dan belok mengikuti putaran sumbu X, Y dan Z.



Gambar 1. Model Rancangan gerak robot bawah air

Tujuan utama dari perancangan robot adalah agar robot dapat melakukan manuver pergerakan di area tertentu dengan baik. Beberapa pengujian biasanya dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dari robot yang dirancang. Sehingga ini yang mendorong penelitian yang membangun model matematika pergerakan robot dan lingkungannya.

Pemodelan pergerakan 3 dimensi robot pada penelitian ini, robot diasumsikan sudah berada didalam air (tenggelam) sehingga yang menjadi prioritas adalah bagaimana pengendali dapat menangani gaya ke bawah. Asumsi lainnya dari pemodelan ini adalah pusat gravitasi ada pada tengah badan robot. Hal ini akan membuat robot akan stabil pada saat gerakan naik dan berputar.

Empat buah motor DC digunakan sebagai pergerak pada robot ini. Dua motor terletak sejajar dengan sumbu Z (X_1 dan X_2). Notasi yang digunakan untuk pergerakan 3 dimensi secara lengkap dapat dilihat pada tabel 1.

Motor X_1 dan X_2 digunakan untuk memberikan gaya sepanjang sumbu X dan torsi pada sumbu Z. Resultan gaya dari kedua motor ini sangat berpengaruh pada pergerakan robot ke depan, sedangkan resultan torsi berpengaruh terhadap pergerakan untuk berbelok.

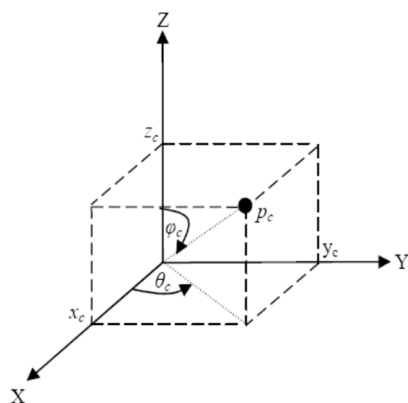
Tabel 1. Notasi yang digunakan untuk pergerakan 3D

DOF	Pergerakan	Gaya dan momen	Gerakan Linear dan angular	Posisi dan sudut Euler
1	Maju (gerak pada arah x)	X	U	x
2	Miring (gerak pada arah y)	Y	V	y
3	Keatas (gerak pada arah z)	Z	W	z
4	Berputar (rotasi pada sumbu x)	K	P	\bullet
5	Berbelok (rotasi pada sumbu y)	M	Q	θ
6	Naik (rotasi pada sumbu z)	N	R	ψ

Dua motor lainnya (Z_1 dan Z_2) akan berpengaruh pada torsi pada sumbu Y dan pergerakan gaya robot pada sumbu Z. Kedua motor tersebut yang akan menghasilkan resultan gaya, sedangkan pergerakan menaik merupakan resultan torsi.

Dengan demikian, dari pergerakan 4 motor tersebut, maka robot yang dirancang hanya memiliki 4 derajat kebebasan. Hal ini dikarenakan tidak adanya gerakan ke samping dan berputar. Gerakan-gerakan lain dapat dilakukan dengan mengatur kombinasi dari keempat gerakan dasar di atas.

Berdasarkan perancangan di atas, bidang 3 dimensi koordinat cartesius dengan koordinat global $\{X, Y, Z\}$ menjadi titik acuan pemodelan gerak robot. Robot memiliki 5 (lima) parameter posisi yang direpresentasikan sebagai $p_c = \{x_c, y_c, z_c, \theta_c, \varphi_c\}$, dimana (x_c, y_c, z_c) adalah posisi spasial robot pada sistem koordinat global, serta (θ_c, φ_c) adalah masing-masing sudut arah robot terhadap sumbu X dan sumbu Z. Prinsip ini ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bidang kerja robot dalam bidang koordinat

Hal yang diperhatikan pada model pergerakan robot ini seperti yang telah dijelaskan sebelumnya adalah pada 4 derajat kebebasan gerak seperti yang diperlihatkan pada gambar 2. Dengan demikian robot dapat dimodelkan dengan memperhatikan parameter dinamis secara nonlinear, *coupled*, *time-varying*, dan ketidakpastian. Pemodelan parameter tersebut diadopsi dari [13] sebagai berikut.

$$MRXb+C(Xb)Xb+D(Xb)Xb+g(XE)=F+F_d \quad (1)$$

$$F = [X \ Y \ Z \ K \ M \ N]^T \quad (2)$$

$$Xb = [u \ v \ w \ p \ q \ r]^T \quad (3)$$

dengan MR adalah matrik dari gerak masa tubuh robot dan masa air; C adalah matrik gaya sentripetal dan Coriolis; D adalah matrik dari *hydrodynamic dumping*; dan g adalah matrik gaya dan momen kembali.

Rangka tubuh robot bergerak dan selalu mempunyai posisi normal pada pusat masa gravitasi. Dari persamaan (1), (2) dan (3), Xb is vektor kecepatan keadaan linear dari tubuh robot (maju, kesamping dan keatas) dan angular (berputar, naik dan berbelok) seperti yang ditunjukkan gambar 2. F adalah vektor gaya dan torsi yang dihasilkan derajat kebebasan gerak serta F_d adalah vektor yang merepresentasikan gangguan lingkungan. Parameter lainnya adalah MR, C(Xb), D(Xb) dan g(XE) didefinisikan sebagai berikut,

$$M_R = \text{diag} \begin{bmatrix} m - X_u \\ m - Y_v \\ m - Z_w \\ I_{xx} - K_p \\ I_{yy} - M_q \\ I_{zz} - N_r \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$C(X_b) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & (m-Z_w)w & (Y_v-m)v \\ (Z_w-m)w & 0 & (m-X_u)u \\ (m-Y_v)v & (X_u-m)u & 0 \\ 0 & (m-Z_w)w & (Y_v-m)v \\ (Z_w-m)w & 0 & (m-X_u)u \\ (m-Y_v)v & (X_u-m)u & 0 \\ 0 & (m-X_u)u & (M_q-I_{yy})q \\ (N_r-I_{zz})r & 0 & (I_{yy}-M_q)q \\ (I_{yy}-M_q)q & (K_p-I_{xx})p & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$Xg(E) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -(y_G - y_B)\cos\theta\cos\theta_c + (z_G - z_B)\cos\theta\sin\theta_c \\ (z_G - z_B)\sin\theta + (x_G - x_B)\cos\theta\sin\theta_c \\ -(x_G - x_B)\cos\theta\sin\theta_c - (y_G - y_B)\sin\theta \end{bmatrix} \quad (6)$$

Pada kondisi lain, vektor XE = [x, y, z, φ, θ, ψ] merupakan kondisi variable; keadaan ruang bumi: gerakan posisi x, y dan z dan sudut belok, keatas dan berputar. Hubungan antara kecepatan tubuh robot dan keadaan ruang bumi dapat ditulis sebagai berikut,

$$XE = J(XE)Xb \quad (7)$$

Berdasarkan perancangan diatas, terdapat 2 (dua) pasang motor yang akan menghasilkan 2 (dua) pasang kecepatan, yaitu: kecepatan translasi v₁, dan v₂, serta kecepatan rotasi ω₁ dan ω₂, dimana v₁ dan ω₁ adalah kecepatan motor X₁ dan X₂ serta v₂ dan ω₂ adalah kecepatan motor Z₁ dan Z₂.

III. HASIL SIMULASI KOMPUTASI

Pendekatan awal sebuah perancangan robot dapat dimanfaatkan sebagai sebuah gambaran bagi proses pengumpulan dan penganalisaan data pergerakan robot melalui simulasi menggunakan komputer.

Hasil yang ditampilkan pada makalah ini merupakan hasil eksperimen dari simulasi pergerakan robot bawah air menggunakan komputer. Eksperimen dilakukan dengan cara mensimulasikan model matematika robot bawah air yang telah dibahas diatas. Perangkat lunak Octave Versi 4.0.3 digunakan untuk mensimulasikan persamaan-persamaan diatas. Hasil simulasi yang ditampilkan merupakan visualisasi pergerakan robot bawah air yang ditunjukkan pada gambar 3 sampai dengan gambar 7.

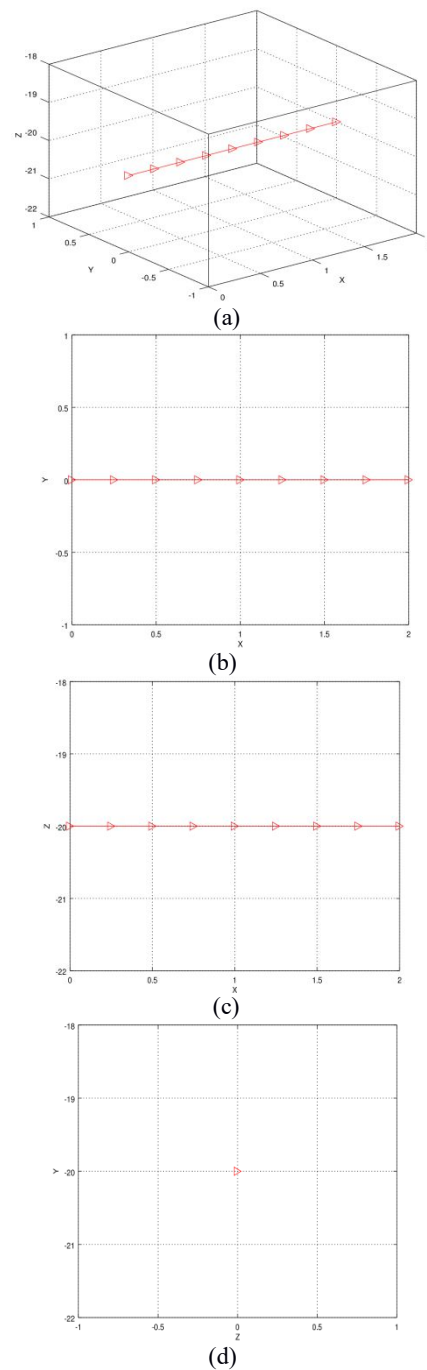
Pada bagian awal, eksperimen dilakukan untuk menguji gerakan-gerakan dasar robot,

seperti: maju, belok, keatas dan naik. Posisi awal robot diasumsikan berada pada koordinat $\{-20, 0, 0, 0, 0\}$. Pergerakan maju robot dimana robot bergerak secara berpindah dari satu titik ke titik lainnya (v_1) searah dengan sumbu X ditunjukkan pada Gambar 3. Pergerakan ini terjadi jika robot hanya mengaktifkan pasangan motor X_1 dan X_2 dengan kecepatan dan arah yang sama. Visualisasi model gerakan di-plot pada ruang 3 dimensi dipadukan dengan gambar 2 dimensi per bidang XY, bidang XZ dan bidang YZ untuk mempermudah penganalisaan

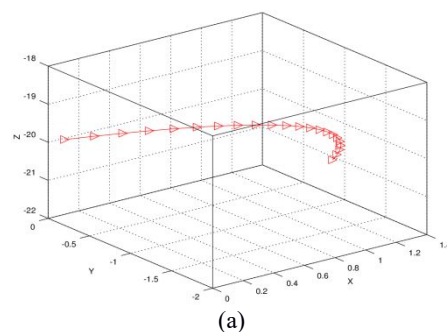
Gambar 4 menunjukkan pergerakan robot ketika berputar atau berbelok. Dari gambar tersebut diketahui bahwa pergerakan berputar robot bertumpu pada sumbu Z. Pergerakan ini terjadi karena motor X_1 dan X_2 diatur dengan kecepatan yang berbeda, yaitu kecepatan motor X_2 lebih besar dari X_1 . Akibatnya, terjadi kecepatan rotasi, ω_1 , dengan arah ke kanan. Sedangkan jika kecepatan motor X_1 lebih besar dari X_2 maka akan mengakibatkan kecepatan rotasi ω_2 lebih besar pula, sehingga robot akan berputar/berbelok arah ke kiri.

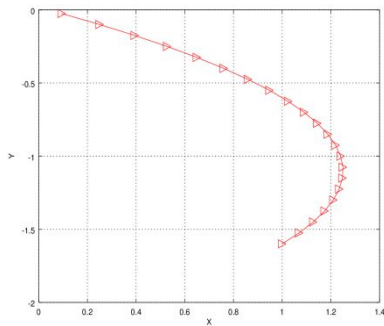
Pergerakan robot ketika naik keatas ditunjukkan pada gambar 5 dan gambar 6. Pergerakan tersebut didapat dengan mengatur kecepatan motor Z_1 dan Z_2 . Jika kecepatan motor dari keduanya sama, maka akan didapat pergerakan naik dengan kecepatan berpindah tempat (v_2) searah dengan sumbu Z. Sedangkan jika kecepatannya berbeda akan terjadi pergerakan keatas dengan kecepatan rotasi ω_2 , pada sumbu X. Jika kedua pasangan motor tersebut dikombinasikan, maka akan terjadi pergerakan yang lebih kompleks dan bervariasi.

Kombinasi dari pergerakan-pergerakan dasar yang telah divisualisasikan di atas dapat dilihat pada Gambar 7. Pada gambar tersebut terlihat bahwa robot dapat bergerak keatas sekaligus berbelok. Selain itu, robot bergerak naik dan berputar ke kanan. Pengujian lainnya adalah robot bergerak kearah atas dan berbelok diubah berlawanan, juga robot bergerak ke bawah dan berputar ke kiri secara bersamaan. Pergerakan zig-zag robot dan transisi antar gerakan dari pemodelan ini tampak alami. Hal ini membuktikan pengendalian robot dengan pemodelan tersebut dapat diandalkan.

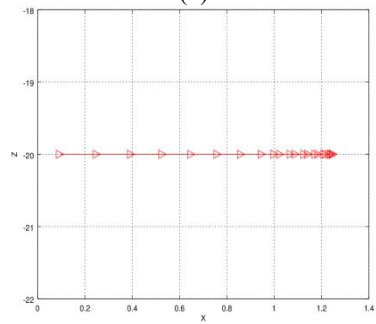


Gambar 3. Simulasi pergerakan maju robot, (a) dalam bidang 3 dimensi; (b) pada bidang X terhadap Y; (c) pada bidang X terhadap Z; (d) pada bidang Y terhadap Z

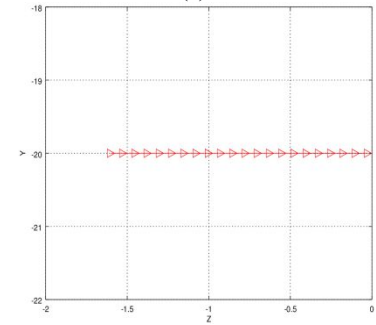




(b)

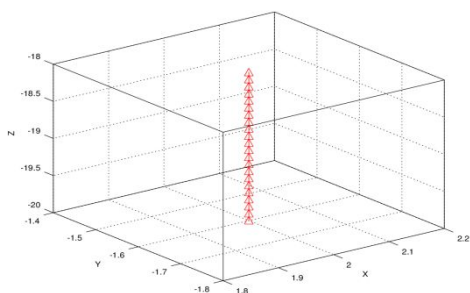


(c)

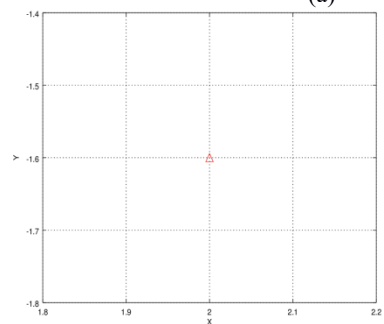


(d)

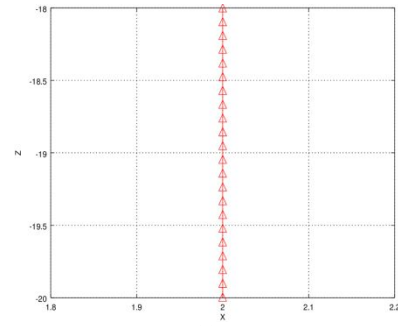
Gambar 4 Simulasi pergerakan berbelok robot, (a) dalam bidang 3 dimensi; (b) pada bidang X terhadap Y; (c) pada bidang X terhadap Z; (d) pada bidang Y terhadap Z



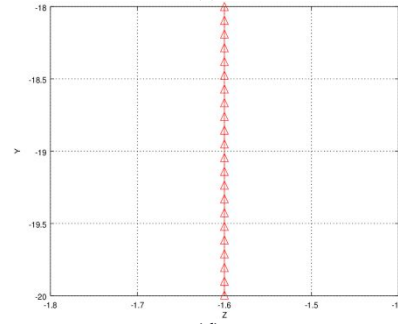
(a)



(b)

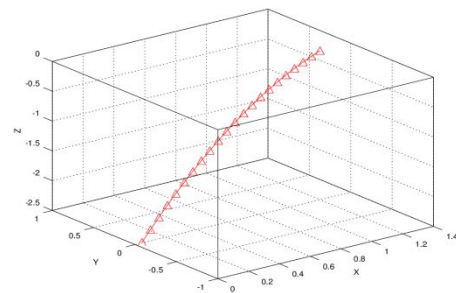


(c)

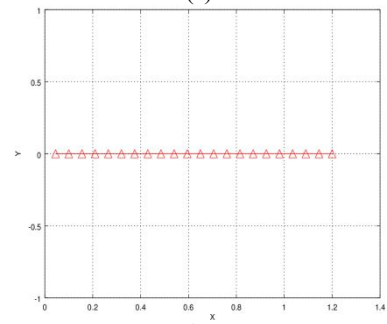


(d)

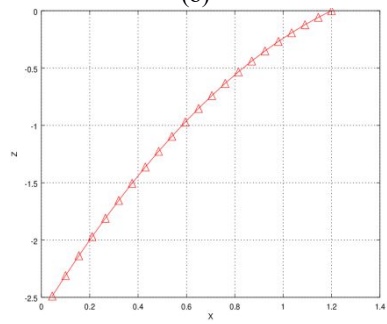
Gambar 5 Simulasi pergerakan naik robot, (a) dalam bidang 3 dimensi; (b) pada bidang X terhadap Y; (c) pada bidang X terhadap Z; (d) pada bidang Y terhadap Z



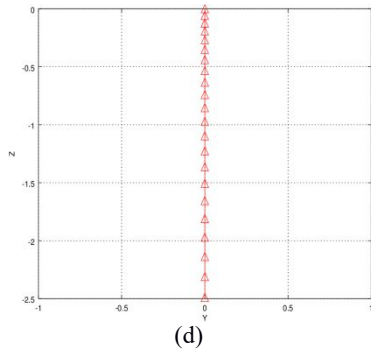
(a)



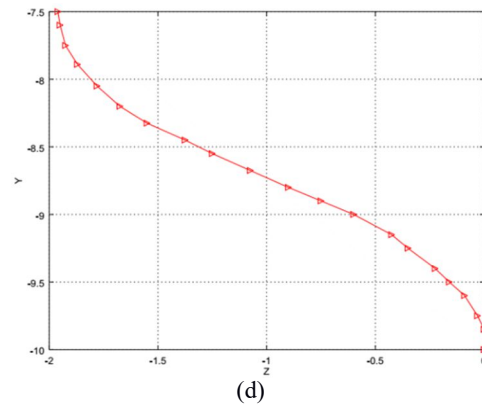
(b)



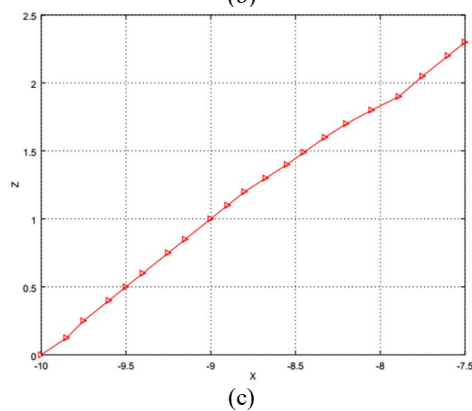
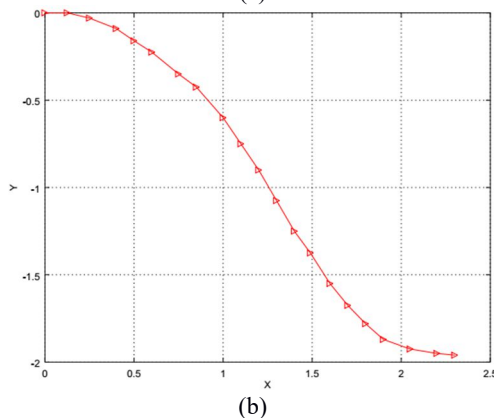
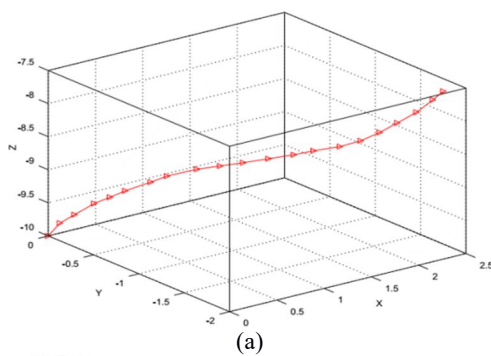
(c)



Gambar 6 Simulasi pergerakan keatas robot, (a) dalam bidang 3 dimensi; (b) pada bidang X terhadap Y; (c) pada bidang X terhadap Z; (d) pada bidang Y terhadap Z



Gambar 7 Simulasi pergerakan kombinasi robot, (a) dalam bidang 3 dimensi; (b) pada bidang X terhadap Y; (c) pada bidang X terhadap Z; (d) pada bidang Y terhadap Z



IV. KESIMPULAN

Karakteristik robot bawah air meliputi bentuk, dimensi, pengontrolan dan pergerakannya telah dirancang melalui model matematika pergerakan 3 dimensi robot bawah air telah diturunkan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pergerakan robot, baik pergerakan dasar maupun kombinasinya memiliki karakteristik pergerakan alami. Namun, untuk mengetahui unjuk kerja robot yang efektif baru dapat dicapai bila menggunakan robot yang sebenarnya. .

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada anggota robotics and intelligent system research group Program Studi Teknik Elektro Universitas Khairun atas kerjasamanya sehingga penelitian ini berjalan dengan baik. Terima kasih juga disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. Khadhraoui, L. Beji, S. Otmane, and A. Abichou, "Stabilizing control and human scale simulation of a submarine ROV navigation," *Ocean Eng.*, vol. 114, pp. 66–78, Mar. 2016.
- [2] K. D. Le, H. D. Nguyen, D. Ranmuthugala, and A. Forrest, "A

- heading observer for ROVs under roll and pitch oscillations and acceleration disturbances using low-cost sensors,” *Ocean Eng.*, vol. 110, pp. 152–162, 2015.
- [3] X. Guoqing, T. Li, G. Fengshui, C. Qiang, and L. Jing, “Design of a hybrid controller for heading control of an autonomous under water vehicle,” in *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 2009, pp. 1–5.
- [4] J. Petrich and D. J. Stilwell, “Robust control for an autonomous under water vehicle that suppresses pitch and yaw coupling,” *J. Ocean Eng.*, vol. 38, pp. 197–204, 2011.
- [5] J. C. Kinsey, R. M. Eustice, and L. L. Whitcomb, “A survey of underwater vehicle navigation: recent advances and new challenges,” in *Proceedings of the IFAC Conference of Manoeuvring and Control of Marine Craft*, 2006.
- [6] F. Dukan and A. J. Sørensen, “Sea floor geometry approximation and altitude control of ROVs,” *Control Eng. Pract.*, vol. 29, pp. 135–146, 2014.
- [7] D. de A. Fernandes, A. J. Sørensen, K. Y. Pettersen, and D. C. Donha, “Output feedback motion control system for observation class ROVs based on a high-gain state observer: Theoretical and experimental results,” *Control Eng. Pract.*, vol. 39, pp. 90–102, 2015.
- [8] Adel et al., “Explicit homogeneous time varying stabilizing control of a submarine ROV,” in *The 10th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics*, 2013, pp. 26–32.
- [9] L. Fillingner and T. Funke, “A new 3D modelling method to extract sub transect dimensions from under water videos,” *Ocean Sci.*, vol. 9, no. 2, p. 461–476., 2013.
- [10] G. M. Amado-Filho, G. H. Pereira-Filho, R. G. Bahia, D. P. Abrantes, P. C. Veras, and Z. Matheus, “Occurrence and distribution of rhodolith beds on the Fernando de Noronha Archipelago of Brazil,” *Aquat. Bot.*, vol. 101, no. August, pp. 41–4, 2012.
- [11] R. D. Christ and R. . Wernli, *The ROV manual: A user guide for observation class remotely operated vehicles*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2007.
- [12] M. Ludvigsen, B. Sortland, G. Johnsen, and H. Singh, “Applications of geo-referenced under water photo mosaics in marine biology and archaeology,” *Oceanography*, vol. 4, no. 20, pp. 140–149, 2007.
- [13] T. I. Fossen, *Guidance and control of ocean vehicles*. Wiley, 1994.

Perancangan Sistem Peringatan Antar Kendaraan Untuk Peningkatan Keselamatan Berkendara di Jalan

Ibrahim Abduh¹⁾, Dahlia Nur²⁾, Muh. Ahyar³⁾, Hafsah Nirwana⁴⁾

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang

¹ibrahimabduh@poliupg.ac.id

²dahlia@poliupg.ac.id

³ahyar@poliupg.ac.id

⁴yayeng555@yahoo.co.id

Abstract

Abstract- Banyaknya kejadian kecelakaan lalu lintas di Indonesia yang menunjukkan kondisi keselamatan jalan di Indonesia sangat mengkhawatirkan, dengan pertumbuhan jumlah kendaraan yang terus bertambah setiap tahunnya dan tingkat mobilitas penggunaanya yang tinggi memiliki kemungkinan untuk terjadinya kecelakaan lalu lintas sangatlah tinggi. Sistem peringatan antar kendaraan dikembangkan dengan tujuan untuk meningkatkan keselamatan di jalan, termasuk juga untuk memberikan kenyamanan pengemudi dan penumpang ketika berkendara. Sistem ini terdiri dari sistem komunikasi antar kendaraan menggunakan wireless IEEE 802.11n yang terintegrasi dengan perangkat embedded system serta dibekali program mengirim dan menerima pesan. Sistem ini akan dipasang pada setiap kendaraan yang bertindak sebagai pengirim informasi/pesan penting seperti informasi keadaan darurat. Pada sisi kendaraan penerima akan ditambahkan perangkat LCD untuk menampilkan informasi serta speaker untuk memberikan bunyi tanda peringatan bahaya kepada pengemudi kendaraan. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah prototype sistem peringatan antar kendaraan yang memungkinkan setiap kendaraan dalam range tertentu dapat saling bertukar informasi. Informasi yang dikirimkan antar kendaraan dapat berupa pesan peringatan antar kendaraan ketika terjadi keadaan darurat di jalan.

Keywords: Intelligent Transportation System, Vehicular Ad Hoc Network, Sistem Peringatan

I. PENDAHULUAN

Kecelakaan lalu lintas dapat terjadi dimana saja dan kapan saja serta berlangsung sangat cepat tanpa diduga terlebih dahulu. Meskipun demikian, kecelakaan lalu lintas sering terjadi pada suatu ruang dan waktu tertentu dan cenderung merupakan keberulangan dengan tipe kecelakaan yang hampir sama sehingga memunculkan adanya dominasi dari suatu tipe kecelakaan tertentu, maka hal ini mengindikasikan adanya suatu faktor penyebab tertentu yang cenderung mempengaruhi kecelakaan tersebut. Pada dasarnya kecelakaan melibatkan banyak faktor, akan tetapi terdapat tiga faktor utama yang menjadi penyebab kecelakaan secara umum [1], yaitu: faktor manusia (pengemudi dan pejalan kaki), faktor jalan dan lingkungannya serta faktor kendaraan.

Dari ketiga faktor tersebut, faktor manusia merupakan faktor utama yang mendominasi terjadinya kecelakaan lalu lintas, tetapi faktor jalan dan lingkungannya beserta faktor kendaraan

tetap tidak dapat dipandang sebelah mata sebagai faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan. Oleh karena itu, dalam peningkatan keselamatan jalan secara umum diperlukan usaha baik untuk mengurangi maupun mencegah terjadinya kecelakaan lalu lintas yang dapat merugikan baik korban jiwa maupun materi baik melalui usaha mendidik pengguna jalan yang memiliki wawasan keselamatan, menciptakan jalan dan lingkungannya yang berkeselamatan, dan kendaraan yang memiliki tingkat keselamatan yang tinggi.

Untuk mengurangi jumlah kecelakaan di jalan dan meningkatkan keselamatan di jalan raya, kendaraan harus mampu memantau apa yang terjadi di sekitar mereka, meramalkan apa yang akan terjadi selanjutnya, serta melakukan reaksi pencegahan yang sesuai. Hal ini mensyaratkan bahwa setiap kendaraan memiliki sistem komunikasi baik antara kendaraan untuk berkomunikasi satu sama lain maupun perangkat pendukung di jalan.