



Dies Natalis 1956–2017
Universitas Hasanuddin



PROSIDING

SEMINAR ILMIAH
NASIONAL SAINS DAN
TEKNOLOGI Ke- 3 2017

Inovasi Berbasis UIG dalam Menunjang
Pembangunan Poros Maritim

Kampus Fakultas Teknik Unhas Gowa,
31 Oktober – 1 November 2017

Volume 3 - ISSN: 2548-6047

PROSIDING SEMINAR ILMIAH NASIONAL SAINS DAN TEKNOLOGI KE-3 TAHUN 2017

“Inovasi Teknologi Berbasis UIG dalam Menunjang
Pembangunan Poros Maritim”

31 Oktober - 1 November 2017

Kampus Fakultas Teknik-Universitas Hasanuddin Gowa

Editor:

Muhammad Ramli (Ketua)
Faisal Mahmuddin (Teknik Sistem Perkapalan)
Zuryati Djafar (Teknik Mesin)
Wahyuddin (Teknik Perkapalan)
Ulva Ria Irfan (Teknik Geologi)
Zaenab Muslimin (Teknik Elektro)
Ria Wikantari (Teknik Arsitek)

**FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS HASANUDDIN
Bontomarannu Gowa, Sulawesi Selatan**

PROSIDING SEMINAR ILMIAH NASIONAL SAINS DAN TEKNOLOGI KE-3 Tahun 2017

“Inovasi Teknologi Berbasis UIG dalam Menunjang
Pembangunan Poros Maritim”

Volume 3
ISSN: 2548-6047



Hak Cipta@2017
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dilarang memproduksi, mendistribusikan bagian dari publikasi ini dalam segala bentuk maupun media tanpa seijin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dipublikasikan dan didistribusikan oleh:
Divisi Publikasi, Center of Technology (COT)
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km 6 Bontomarannu
Sungguminasa Sulawesi Selatan Indonesia 92171
Telp: (0411) 586015
Fax : (0411) 586015
Email: sinastek@unhas.ac.id
Website: cot.unhas.ac.id/seminar/sinastek2017/

SAMBUTAN DEKAN

Assalamu Alaikum Warahmatullahi wabarakatuh

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga Prosiding yang memuat makalah-makalah yang telah dipresentasikan pada seminar ilmiah nasional sains dan teknologi tahun ini telah terbit. Adapun tema dari prosiding kali ini adalah “Inovasi Teknologi Berbasis University-Industry-Government (UIG) dalam Menunjang Pembangunan Poros Maritim”.

Tahun ini, 3 (Tiga) Pembicara kunci dihadirkan dalam seminar ini yang merupakan orang-orang yang memiliki kompetensi dan pengalaman yang mumpuni dalam melaksanakan kerjasama kemitraan UIG untuk menunjang dan mengaplikasikan inovasi teknologi dalam menunjang pembangunan poros maritim. Mereka adalah **Hj. Indah Putri Indriani S.I.P. (Bupati Luwu Utara), Ir. Edi Widarto (Presiden Direktur PT. Industri Kapal Indonesia), Prof. Wihardi Tjaronge (Guru Besar Fakultas Teknik UNHAS)**. Para Partisipan lain yang telah menyajikan gagasan ilmiah yang informatif berasal dari kalangan akademisi, industri, pemerintah, praktisi profesi serta pemerhati kemajuan teknologi.

Pihak fakultas memandang perlu untuk menerbitkan prosiding yang memuat hasil seminar yang berhubungan dengan kerjasama kemitraan UIG secara periodik pada setiap tahunnya. Kami menyadari prosiding kali ini masih mempunyai beberapa kelemahan dan kekurangan, namun dengan kerja keras, kerja sama dan semangat pengabdian yang tinggi tinggi dari pengelola, dosen dan karyawan Fakultas Teknik, penerbitan prosiding dapat berjalan sebagaimana visi, misi dan tujuan yang hendak dicapai.

Dengan segala kelebihan dan kekurangan yang ada dalam edisi ini, kami mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi terciptanya tujuan yang kita inginkan bersama.

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin Makassar

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MS.ME

PENGANTAR EDITOR

Yang terhormat,

*Rekan-Rekan Pembaca dan Pemerhati **Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Sains dan Teknologi***

Puji dan syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT, **Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Sains dan Teknologi ke-3 Tahun 2017** dalam Rangka Dies Fakultas Teknik yang ke-57 dapat hadir sebagai bentuk partisipasi dan kepedulian bersama secara ilmiah. Hal ini dapat diwujudkan berkat kerjasama yang baik dari segenap pihak yang telah terlibat dalam memberikan kontribusi positif hingga terbitnya prosiding ini.

Dalam prosiding ini, artikel yang dimuat dikelompokkan berdasarkan kesamaan bidang ilmu yang ada dalam lingkup Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Bidang ilmu yang dimaksud meliputi; *Teknik Arsitektur dan Perencanaan Wilayah Kota, Teknik Elektro dan Informatik, Teknik Geologi dan Pertambangan, Teknik Mesin dan Industri, Teknik Perkapalan, Sistem dan Kelautan, dan Teknik Sipil dan Lingkungan*. Tujuan dari pengelompokan ini adalah untuk memudahkan para pembaca sekalian ketika hendak mencari artikel yang terkait atau menemukan artikel yang sesuai bidang keilmuan masing-masing.

Total keseluruhan karya ilmiah yang berhasil dipublikasikan pada edisi kedua ini sebanyak 70 artikel. Jumlah sebanyak ini dapat dicapai berkat kerjasama yang baik dari segenap penulis, termasuk penulis yang berasal dari berbagai institusi/departemen di luar Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Untuk itu pada kesempatan ini perkenankan kami mewakili tim editor menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih sebesar-besarnya atas sumbangsih artikel yang telah diberikan.

Kami menyadari bahwa meskipun telah melalui proses editing terhadap format penulisan, masih tetap saja akan ada kesalahan-kesalahan kecil didalamnya, untuk itu kami menyampaikan permohonan maaf sebesar-besarnya atas kesalahan cetak yang terdapat dalam prosiding perdana ini. Harapan kami semoga prosiding ini dapat menjadi salah satu alternatif sumber referensi di bidang teknologi serta dapat menjadi inspirator bagi lahirnya riset-riset baru di masa yang akan datang.

Ketua Tim Editor,

Dr. Ir. Muhammad Ramli, MT

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Sambutan Dekan	iii
Pengantar Editor	iv
Daftar Isi	v

TEKNIK ARSITEKTUR DAN PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA

TA1701	Mukti Ali, Wiranda MZ. Daipaha, Sri Aliah Ekawati	Kajian Kearifan Lokal Masyarakat Pesisir Berbasis Ekowisata Di Kawasan Danau Tempe Kabupaten Wajo (Studi Kasus: Desa Assorajang dan Kelurahan Mattirotappareng Kabupaten Wajo)	1-6
TA1702	Edward Syarif, Idawarni, M.Yahya Siradjuddin, Samsuddin Amin, Nurmaida Amri, Nurul Nadjmi, Muh. Yusrizal Rahman, Nadya Amaliah Kasim, Andi Rafidah	Pola Permukiman Rumput Laut Pantai Bahari Ditinjau Dari Aspek Keberlanjutan	7-15
TA1703	Nurul Jamala, Ramli Rahim, Baharuddin Hamzah, Rosady Mulyadi, Asniawaty Kusno, Husni Kuruseng, Taufik Ishak	Analisis Cahaya Alami Pada Gedung Perbelanjaan (Studi Kasus : Mall Daya Grand Square Makassar)	16-24
TA1704	Syarif Beddu, Rahmi Amin Ishak, Muh. Syavir Latief, Muh. Fuad Mauladi	Metamorphosis Arsitektur Tradisional Bugis Di Sulawesi Selatan Indonesia (Suatu Studi Tentang Pengalihan Penggunaan Material Bangunan)	25-35
TA1705	Hartawan, Dahri. K, Imriyanti, Tri Adipati Putra	Karakteristik Sistem Struktur Ballaq Lompoe Bajeng Di Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan	36-46
TA1706	Baharuddin Hamzah, Asniawaty	Desain Ruang Kuliah Yang Nyaman Dan Hemat Energi	47-55
TA1707	Mohammad Mochsen Sir, Ria Wikantari, Afifah Harisah, Abdul Mufti Radja, Syahriana Syam, Hasrydha	Aksesibilitas Ruang Publik Bagi Kaum Difabel Studi Kasus: Anjungan Pantai Losari Makassar	56-73
TA1708	Suci Anugrah Yanti, Alvionirma Pallunan, Rindami Patikaisyah, Ihsan	Analisis Aksesibilitas Dalam Pengembangan Kawasan Wisata Kabupaten Bantaeng	74-77
TA1709	Wiwik Wahidah Osman, Mimi Arifin, Sri Ajeng Ikke Purwanti	Dampak Rusunawa Lette Terhadap Kualitas Permukiman Sekitarnya	78-91
TA1710	Abdul Mufti Radja, Ria Wikantari, Syahrina Syam	Karakteristik Ruang Berkumpul Informal Mahasiswa (Rbim) Arsitektur Dan Pwk Fakultas Teknik Di Kampus Gowa	92-100
TA1711	Triyatni Martosenjoyo, Syarif Beddu, M. Syavir Latif, Rahmi Amin Ishak, Dahniar, Zatriani	Analisis Pasca Huni Sistem Sirkulasi Kampus Unhas Gowa	101-111
TA1712	Arifuddin Akil, Ananto Yudono, A.A. Bahrin Amieq, W. Fitrawulan	Pemodelan Rute Potensial Angkutan BRT (Bus Rapid Transit) Di Kota Makassar: Analisis Aksesibilitas-Tujuan Berbasis GIS	112-120
TA1713	Ihsan Latief, Rindami Patikaisyah, Abdul Rachman Rasyid	Pengembangan Jalur Wisata Kabupaten Bantaeng	212-129

TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA

TE1701	A. Ais Prayogi, Indrabayu, Ahmad Rifaldi	Web Real-Time Communication Sebagai Sarana Live Coaching	130-135
TE1702	Andini Dani Achmad, Andani Achmad, Merna Baharuddin, Muh. Waiz Al karni Jabbar, Cahya Resky Prihatmoko	Monitoring Suhu Dan Kelembaban Berbasis Web Menggunakan Arduino Uno	136-141

TE1703	Dewiani, Elyas Palantei, Muh. Miftah Khairul, Eva Julia	Optimalisasi Penggunaan Dual Switching Transmisi Pada Jaringan Surveilans Lingkungan	142-153
TE1704	Ingrid Nurtanio, Novy Nur R.A. Makobombang, Andi Meldayasari	Korelasi Pola Sidik Jari Dengan Penyandang Autis Berbasis Pengolahan Citra Digital	154-162
TE1705	Muh Anshar, Ida Rachmaniar, Zaenab Muslimin, Dicky H., Ahmad Emir, Nasri Anas	Analisis Konsumsi Daya Pada Miniatur Smart Room	163-169
TE1706	Yusran, Rizky P.P, Sri Mawar Said	Simulasi Pengendalian Motor Arus Searah Berbasis Simulink Matlab	170-174
TE1707	Adnan, Intan Sari Areni	Sistem Cerdas Untuk Monitor Pencemaran Udara Berbasis Raspberry Pi 2	175-181
TE1708	Ansar Suyuti, Gassing, Suci Samharira Said	Studi Alat Interkoneksi Sistem 11 KV Dan 33 KV Di PT. Vale, Tbk	182-188
TE1709	Salama Manjang, Ikhlas Kitta, Muh. Irfan MZ	Studi Kemampuan Arrester Untuk Mengamankan SUTT Sulsel Dari Bahaya Petir	189-195
TE1710	Elly Warni, Zahir Zainuddin, Faizal Burhanuddin	Aplikasi Pengenalan Hewan Berbasis Multimarker Augmented Reality Pada Lingkungan Pendidikan Anak Usia Dini	196-207
TE1711	Amil Ahmad Ilham, Siti Aisyah Adeningsih	Content-Based Search Engine Pada Dokumen PDF	208-213
TE1712	Elyas Palantei, Intan Sari Areni, Ardiansyah, Dewiani, Sukriyah Buwarda, Farid Armin	Respon Karakteristik Elektrik Transducer Medik Berpita 1200 MHZ Untuk Aplikasi Monitoring Dan Deteksi Fetal	214-220

TEKNIK GEOLOGI DAN PERTAMBANGAN

TG1701	Haerany Sirajuddin, Ratna Husain, Namrullah Naser	Analisis Perubahan Garis Pantai Lumpue Kota Pare-Pare	221-233
TG1702	Ilham Alimuddin, Rohaya Langkoke, Widya	The Utilization Of Remote Sensing Data In Mapping The Distribution Of Coastal Sediment Grain Size At Punaga Beach Of Takalar Regency	234-244
TG1703	Yanti Iskandar, Meutia Farida, M. F. Arifin, Asri Jaya	Lingkungan Purba Formasi Walanae Lintasan Sungai Mario Soppeng, Sulawesi Selatan	245-253
TG1704	Djamaluddin, Purwanto, Harisman, Ricky	Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Minihydro (PLTM) Sungai Binuang Desa Malimbu Kecamatan Sabbang Kabupaten Luwu Utara, Prov. Sul-Sel	254-262
TG1705	Ulva Ria Irfan, Hamid Umar, Hendra Pachri, Frans R. Palinoan	Interpretasi Mineralisasi Epitermal Berdasarkan Paragenesis Mineral Bijih Di Sumalata, Gorontalo Utara	263-271
TG1706	Sufriadin, Sri Widodo, Akmal Saputno	Analisis Unsur-Unsur Tanah Jarang-Yitrium (REY) Dan Scandium Pada Endapan Batubara Lamuru Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan	272-279
TG1707	Aryanti Virtanti Anas, Sufiana	Alokasi Material Overburden Berdasarkan Rencana Produksi Mingguan Menggunakan Metode Transportasi Modified Distribution Di PT. Cipta Kridatama Site Abn Sanga-Sanga, Kalimantan Timur	280-291
TG1708	Ahmad Faizal Maulana, Busthan Azikin, Hendra Pachri	Studi Kekuatan Batuan Dalam Pembagian Zona Kualitas Batugamping Daerah Mangilu, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkajene Dan Kepulauan, Provinsi Sulawesi Selatan	292-299
TG1709	Irzal Nur, Asran Ilyas, Fauzi Syaiful Adam, Muhammad Zuhdy Nurdin	Studi Karakteristik Alterasi Hidrotermal Pada Prospek Mineralisasi Tipe Urat Di Daerah Lappadata Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan	300-307
TG1710	Muhammad Ramli, Feby Poncowati P, Rezki Agung	Simulasi Pengaruh Curah Hujan Terhadap Hidrodinamika Bidang Kontak Air Tanah – Air Laut	308-315
TG1711	Meinarni Thamrin, Aryanti Virtanti Anas, Chairul Wahyu Adha	Analisis Kualitas Air Di Wilayah Lingkar Tambang Daerah Sangkaropi Kabupaten Toraja Utara Sulawesi Selatan	316-324

TEKNIK PERKAPALAN, SISTEM PERKAPALAN, DAN KELAUTAN

TP1701	Abdul Haris Djalante, Misliah, Andi Chairunnisa, Wihdat Djafar, Nirwansyah Bakri	Analisis Kebutuhan Armada Angkutan Penyeberangan Lintas Bira-Pamatata	325-330
TP1702	Andi Sitti Chairunnisa Mappangara, Rafiuddin Syam	Kinerja Pelabuhan Ambon Dalam Mewujudkan Konektivitas Gugus Kepulauan Di Provinsi Maluku	331-338
TP1703	Ganding Sitepu, Syarifuddin Dewa, Hamzah, Muhsin Kahar	Studi Perbandingan Desain Konstruksi Midship Dengan Aturan DNV, RINA, dan BKI	339-345
TP1704	Mansyur Hasbullah	Perancangan Kapal Ferry Trimaran Untuk Kawasan Timur Indonesia	346-351
TP1705	Syamsul Asri, Farianto Fachruddin Lage, Wahyuddin Mustafa, Mohammad Rizal Firmansyah, Sarwan Sulfikrah	Komparasi Beban Kerja Antar Blok Untuk Perakitan Lambung Kapal Ferry Roro 750 Gt	352-359
TP1706	Taufiqur Rachman, Chairul Paotonan, Ashury, Selo Bowo	Rencana Teknik Pengembangan Pelabuhan Ilath Kabupaten Buru Provinsi Maluku	360-369
TP1707	Rosmani, Suandar Baso, Mansyur Hasbullah, Lukman Bochary, Hermawan	Analisis Pengaruh Sudut Masuk Terhadap Tahanan Kapal	370-379
TP1708	Syerly Klara, Faisal Mahmuddin, Surya Hariyanto, Ganding Sitepu, Sofyan Hanandis	Konsep Desain Torsi Konverter Pada Perahu Motor Cepat	380-389
TP1709	Hasnawiya Hasan, Rahimuddin, Haryanti Rivai, Andi Haris Muhammad, Mardiansyah	Simulasi Perancangan Waste Heat Recovery System Pada Kapal KM. Sultan Murhum	390-394
TP1710	Hasdinar Umar, A.Y.Baeda, Sabaruddin Rahman, Nur Faida Yanti	Analisis Angkutan Sedimen di Muara Sungai Pangkajenne	395-399
TP1711	Daeng Paroka, Fuad Mahfud Assidiq, M. Zubair Muis Alie	Performa Sistem Pengikatan (Mooring System) Bangunan Apung Lepas Pantai	400-406
TP1712	Firman Husain, Juswan, M Zubair Alie	Uji Model Pemecah Gelombang Tipe Jacket Pada Gelombang Reguler	407-413
TP1713	Chairul Paotonan, Muhammad Cesar Wiratama Suyanto	Stress and Deformation of Sheetpile Breakwater	414-421
TP1714	M. Rusydi Alwi, Zulkifli Yusuf, Baharuddin, Andi Husni Sitepu, Ahmad Farhun	Head Losses Aliran Terhadap Perubahan Sudut Sambungan Belokan Pipa	422-426

TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI

TM1701	Baharuddin Mire	Pengaruh Campuran Etanol Dan Bahan Bakar Premium Terhadap Kinerja Mesin Bensin Dengan Variasi Rasio Kompresi	427-441
--------	-----------------	--	---------

TM1702	Muh Yamin, Ilyas Renreng, Edy Iskandar, Eka Safitri Febrianti	Ciri Getaran Pada Material Komposite Serat Rami	441-448
TM1703	Luther Sule, Effendy Arif, Muh. Noor Umar, Elieser Timbayo Sule	Kinerja Kincir Air Sudu Savonius Dengan Variasi Jumlah Sudu 4, 6 dan 8	449-459
TM1704	Ilham Bakri, Mulyadi, Nilda, Retnari Dian Mudiastuti, Rani Aulia Imran, Rachel Panjaitan	Penilaian Kegiatan Pengelolaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Kompleks Gedung Fakultas Teknik Unhas	460-466
TM1705	Irwan Setiawan M, Sapta Asmal, Syarifuddin A.Parenreng, Allo Padang	Menentukan Interval Perawatan Yang Efektif Sehingga Meminimalkan Biaya Perawatan	467-473
TM1706	Zuryati Djafar, Wahyu H Piarah, Zulkifli Djafar, M. Wawan Irfandi, M. Rifaldi S	Pengembangan Kotak Pendingin Berbasis Elemen Peltier Menggunakan Teknologi Heatpipe	474-478
TM1707	Hairul Arsyad	Kaji Eksperimen Penggunaan Metode Face Turning Untuk Evaluasi Sifat Mampu Mesin Dalam Menghasilkan Produk Silinder Mini Dari Paduan Al 5020	479-483
TM1708	Farid Mardin, Rosmalina Hanafi, Muhammad Rusman, Aji Akbar	Aplikasi Metode Transportasi Dalam Optimasi Biaya Distribusi Beras Pada Perum Bulog	484-492
TM1709	Saiful Mangnggenre, Syamsul Bahri, Armin Darmawan, Aditya Rahmat	Metode Critical Chain Project Management Untuk Optimasi Pelaksanaan Proyek	493-501
TM1710	Arfandy, Hammada Abbas	Uji Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Paduan Aluminium Al-Si Ditambah Penguat SiC Dengan Metode Stir Casting	502-508
TM1711	Nofrianto Pasae, Zuryati Djafar, Effendi Arif	Pengaruh Perbandingan Air Dengan Kotoran Sapi Terhadap Produksi Biogas Tipe Tangki Terapung	509-514

TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN

TS1701	Irwan Ridwan Rahim, Muhammad Akbar Caronge, Kartikasari, Iwan Setiawan	Metode Pencampuran Abu Sekam Pada Sebagai Material Pengganti Semen	515-520
TS1702	M. Asad Abdurrahman, Rusdi U. Latief, Rosmariani A., Suharman H., Rakhmat B.	Identifikasi Faktor Penentu Penerapan Optimal Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Proyek Bangunan	521-528
TS1703	M. Wihardi Tjaronge, Rachman Djamaluddin, Dantje Runtulalo, Muhammad Akbar Caronge, Nurul Aisyah A, Ulul Azmy	Ketahanan Geopolymer Mortar Yang Terbuat Dari Tanah Laterite Terhadap Lingkungan Sulfat	529-534
TS1704	Sumarni Hamid Aly, Muralia Hustim, Dantje Runtulalo, Jeping	Analisis Pola Sebaran Polutan CO di Terminal Penumpang Daya Kota Makassar	535-542
TS1705	Rita Tahir Lopa, Farouk Maricar, Andi Sarimai, Muhammad Saleh Pallu,	Simulasi Sedimentasi Sungai Bialo Dengan Surface Water Modeling System	543-548

	Bambang Bakri, Muhammad Farid Maricar		
TS1706	Roslinda Ibrahim, Silman Pongmanda, Ariningsih Suprpti, Rasdiana Zakaria	Reduksi Phospat Pada Air Limbah Domestik (Greywater) Dengan Metode Fitoremediasi	549-554
TS1707	Muhammad Isran Ramli, Sakti Adji Adisasmita	Model Empiris Konsumsi Bahan Bakar Sepeda Motor Pada Jalan Perkotaan Berbasis Kecepatan Arus Bebas	555-560
TS1708	Frans Rabung, Silman Pongmanda, Pangurisseng, Hasbi Sudirman, Darius	Pengaruh Kedalaman Air Terhadap Gelombang Transmisi dan Refleksi pada Pemecah Gelombang Vertikal Komposit Balok-Kotak dan Tiang Pancang Dengan Pengisi Batu	561-570
TS1709	Rita Irmawaty, A. Arwin Amiruddin, Rudy Djamaluddin, Herman Parung, Christi NS	Kerusakan Delaminasi Balok Dengan Perkuatan FRP	571-578

PERFORMA SISTEM PENGIKATAN (*MOORING SYSTEM*) BANGUNAN APUNG LEPAS PANTAI

Daeng Paroka*¹, Fuad Mahfud Assidiq¹, M. Zubair Muis Alie¹

¹Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino Km.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: dparoka@eng.unhas.ac.id

Abstrak

FPU merupakan salah satu sarana yang banyak digunakan pada eksplorasi lepas pantai saat ini. FPU dilengkapi dengan sistem pengikatan yang memungkinkan untuk tetap pada posisinya pada saat mendapatkan pembebanan dari luar berupa angin, arus dan gelombang. Konfigurasi sistem pengikatan yang digunakan sangat tergantung pada kondisi perairan dimana FPU tersebut dioperasikan. Penelitian ini mengkaji tentang performa konfigurasi pengikatan FPU akibat pembebanan gelombang. Untuk mendapatkan tegangan yang terjadi, respon gerak FPU yang meliputi gerak surge, gerak heave dan gerak pitch diestimasi. Pemodelan gelombang dilakukan dengan menggunakan spektrum gelombang Pierson – Moskowitz untuk tinggi gelombang 7.8 meter dan periode gelombang 7.1 detik. Respon gerak beserta tegangan yang terjadi pada tali pengikat dihitung pada 2 arah datang gelombang, yaitu 0 derajat dan 180 derajat. Amplitudo gerak surge dan gerak heave semakin kecil dengan bertambahnya frekwensi gelombang sementara amplitudo gerak pitch bernilai maksimum ketika frekwensi gelombang sama dengan 0.53 radian/detik. Tegangan aksial terbesar terjadi pada tali pengikat yang terletak pada posisi arah datang gelombang akibat gerak surge pada arah yang sama dengan arah gelombang. Tali pengikat pada posisi yang berlawanan akan mengalami penurunan tegangan. Secara umum, range tegangan yang bekerja pada sistem pengikatan masih lebih kecil dari tegangan maksimum yang diizinkan. Oleh karena itu, FPU dinilai dapat beroperasi dengan aman.

Kata kunci: *floating Production Unit (FPU), mooring line, gerak kapal, tegangan aksial*

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang semakin meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk serta kebutuhan manusia akan energi yang semakin besar, harus diiringi dengan ketersediaan jumlah energi yang semakin tinggi pula. Untuk dapat menjamin ketersediaan energi, pencarian cadangan minyak dan gas yang mungkin untuk dieksploitasi terus dilakukan sampai pada daerah laut dalam. Hal ini disebabkan karena cadangan minyak dan gas bumi yang terdapat di darat atau pada daerah pantai serta laut dangkal sudah semakin terbatas. Eksplorasi minyak dan gas laut dalam membutuhkan teknologi dan peralatan pendukung yang sangat berbeda dengan eksplorasi di darat atau di laut dangkal. Penggunaan struktur terpancang (*fixed offshore platform*) yang banyak digunakan pada eksplorasi laut dangkal tidak dapat lagi digunakan pada eksplorasi laut dalam.

Pada eksplorasi laut dalam, pengeboran dilakukan dengan menggunakan peralatan pengeboran tidak lagi ditempatkan pada bangunan yang disiapkan di atas permukaan laut melainkan ditempatkan di dasar laut. Hasil pengeboran berupa minyak atau gas selanjutnya dialirkan melalui pipa ke fasilitas produksi terapung yang ditempatkan di sekitar area pengeboran yang dikenal dengan *Floating Production Unit (FPU)* untuk selanjutnya dialirkan ke penampungan di darat atau diangkat dengan menggunakan kapal. FPU dilengkapi dengan konfigurasi sistem pengikatan yang dikenal dengan *mooring system* agar FPU tidak mengalami perpindahan atau pergeseran akibat gaya luar. Konfigurasi sistem pengikatan FPU sangat tergantung pada dimensi FPU dan gaya luar yang mungkin dialami oleh FPU selama operasi. Gaya luar tersebut berupa angin, gelombang dan arus laut.

Desain sistem pengikatan sesuai dengan karakteristik perairan dimana FPU tersebut akan ditempatkan sangat menentukan keberhasilan kegiatan pengeboran yang dilakukan. Oleh karena itu, desain konfigurasi dan geometri sistem pengikatan harus dilakukan secara akurat untuk menjamin keamanan dari sistem pengikatan akibat gaya eksternal yang bekerja selama operasi. Beberapa kemungkinan kegagalan yang dapat dialami oleh

sistem pengikatan akibat pembebanan dari luar adalah sistem pengikatan putus akibat gaya yang bekerja pada FPU sangat besar sehingga tegangan yang terjadi pada pengikat lebih besar dari tegangan maksimum yang dapat ditahan. Pembebanan yang berulang dalam waktu yang lama sesuai dengan rencana operasi FPU dapat mengakibatkan kelelahan material tali (sling) sehingga kekuatan sling semakin berkurang dan akhirnya putus.

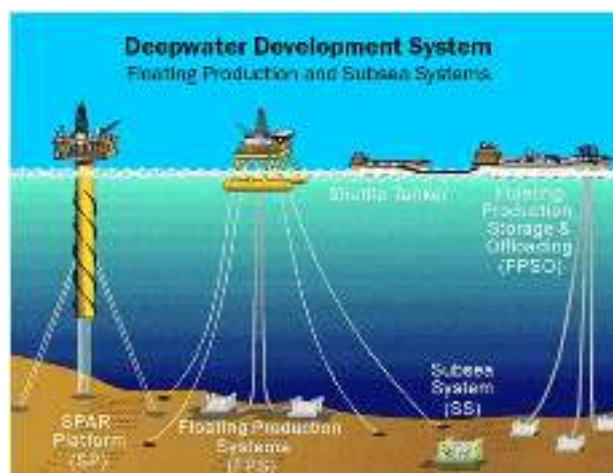
Pembebanan yang terjadi pada sling sangat tergantung pada respon gerak FPU terhadap gelombang dan konfigurasi dari sistem pengikatan. Oleh karena itu, pengaruh konfigurasi terhadap kekuatan sistem pengikatan menjadi penting untuk dianalisis sehingga diperoleh konfigurasi sistem pengikatan yang dapat menjamin eksploitasi dapat berlangsung sesuai dengan umur operasi yang direncanakan.

TINJAUAN PUSTAKA

Floating Production Unit (FPU) adalah bangunan apung yang digunakan untuk menampung dan memproses hasil pengeboran pada eksplorasi laut dalam sebelum disalurkan atau diangkut ke darat untuk proses lebih lanjut. Untuk menjaga agar tetap pada posisi yang telah ditentukan, FPU dilengkapi dengan sistem pengikatan yang terhubung ke dasar laut sehingga tidak akan mengalami pergeseran akibat pembebanan luar yang terjadi seperti angin, gelombang dan arus. Untuk menahan beban yang terjadi serta menghindari terjadinya pergeseran yang dapat mengakibatkan kerusakan pada fasilitas dan peralatan pengeboran di dasar laut yang terhubung langsung dengan FPU, konfigurasi sistem pengikatan harus diatur sedemikian rupa untuk meminimalkan gaya yang ditimbulkan oleh pembebanan lingkungan dan gerak FPU akibat gelombang. Konfigurasi sistem pengikatan pada FPU dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 berikut.



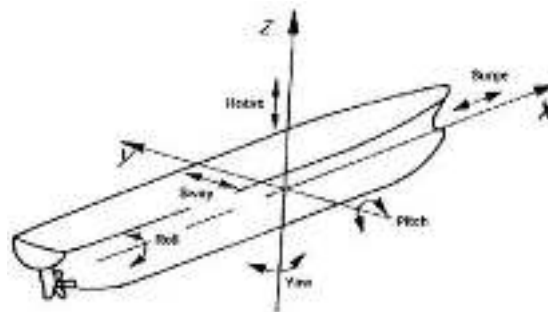
Gambar 1. FPU dengan konfigurasi pengikatan terpusat



Gambar 2. Konfigurasi pengikatan terdistribusi pada ujung FPU

Beban yang bekerja pada FPU terdiri dari pembebanan statis dan pembebanan dinamis. Pembebanan statis disebabkan oleh tekanan statis air laut terhadap lambung FPU yang merupakan fungsi kedalaman benaman dari lambung FPU yang terbenam dalam air. Pembebanan dinamis adalah pembebanan yang disebabkan oleh angin, gelombang dan arus yang berubah terhadap waktu. Pembebanan gelombang tergantung pada parameter gelombang, yaitu tinggi dan panjang gelombang. Pembebanan gelombang merupakan pembebanan yang dominan yang berpengaruh terhadap gerak FPU khususnya gerak surge, sway dan yaw yang akan menjadi pembebanan pada sistem pengikatan (ABS, 2010). Respon gerak FPU terhadap gelombang dapat dimodelkan dengan model matematika gerak kapal yang terapung bebas (Bhattacharyya, 1978) dengan 6 derajat kebebasan dikombinasikan dengan gaya atau pembebanan yang ditimbulkan oleh sistem pengikatan baik dari gerak kapal itu sendiri maupun yang diakibatkan oleh pembebanan eksternal seperti yang dimodelkan oleh (Thompson dan Stewart, 2001). Gerak benda apung dengan 6 derajat kebebasan ditunjukkan pada Gambar 3.

Pembebanan angin yang bekerja pada badan FPU yang ada diatas permukaan air dapat diestimasi dengan menggunakan formula empiris (Fujiwara, et al, 2006). Pembebanan gelombang untuk 6 derajat kebebasan gerak FPU umumnya dihitung dengan menggunakan *strip method*. Umeda and Hashimoto (2002) menggunakan *strip method* dengan memasukkan pengaruh posisi kapal relative terhadap permukaan gelombang untuk mengestimasi gaya dan momen yang bekerja dalam setiap derajat kebebasan gerak kapal. Khusus untuk gaya gelombang pada arah surge, Ito, et al (2014) memasukkan faktor koreksi yang merupakan fungsi dari koefisien blok berdasarkan hasil pengujian model yang dilakukan terhadap formula yang digunakan oleh Umeda and Hashimoto. Pembebanan arus berdampak terhadap gerak FPU dalam 3 derajat kebebasan, yaitu surge, sway dan yaw tergantung pada arah datang arus terhadap kapal. Gaya dan momen akibat arus yang bekerja pada FPU tergantung pada kecepatan arus, arah arus serta bentuk badan FPU yang ada di bawah permukaan air.



Gambar 3. Gerak bangunan apung 6 derajat kebebasan

Selain pembebanan yang bekerja pada FPU, gelombang dan arus juga akan mengakibatkan pembebanan pada sistem pengikat, dimana pembebanan tersebut sangat tergantung pada arah dan karakteristik gelombang serta arus. Gaya yang ditimbulkan oleh gelombang terhadap sistem pengikat dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan Morison dimana pengaruh difraksi dapat diabaikan karena diameter tali/sling jauh lebih kecil dibandingkan dengan panjang gelombang sehingga profil gelombang tidak akan mengalami perubahan pada saat melewati sistem pengikat (Chakrabart, 2005). Demikian juga dengan pembebanan arus dimana pembebanan yang dominan adalah pembebanan akibat gesekan antara partikel fluida dengan permukaan tali/sling.

Pembebanan pada tali/sling akan berpengaruh terhadap respon gerak FPU, sebaliknya respon gerak FPU juga akan dipengaruhi oleh pembebanan yang terjadi pada tali/sling termasuk berat dari tali/sling tersebut. Respon gerak FPU akibat pembebanan eksternal dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan (1).

$$[M][\ddot{X}] = [F] \quad (1)$$

dimana $[M]$ adalah matriks massa dan inersia massa dari FPU, $[\ddot{X}]$ adalah matriks percepatan translasi dan percepatan sudut dari FPU akibat pembebanan yang terjadi sedangkan $[F]$ adalah resultan gaya dan momen yang bekerja pada FPU. Gaya dan momen yang bekerja pada FPU terdiri dari gaya eksternal berupa angin, arus dan gelombang sedangkan gaya dan momen internal terdiri dari gaya dan momen hidrodinamika berupa gaya

dan momen redaman serta gaya dan momen pengembali dari FPU. Selain gaya dan momen tersebut, sistem pengikatan juga akan menimbulkan gaya dan momen pada FPU pada saat FPU mengalami pergerakan.

Tegangan yang terjadi pada sistem pengikatan (*mooring line*) diestimasi berdasarkan respon gerak FPU serta gaya berat dari sistem pengikatan sendiri. Tegangan aksial sebagai tegangan dominan yang terjadi pada sistem pengikatan diestimasi dengan menggunakan persamaan (2) berikut.

$$\sigma_A = F/A \quad (2)$$

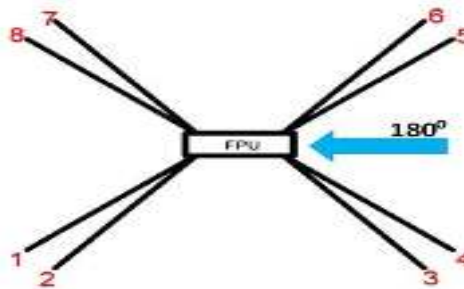
dimana F adalah gaya aksial yang bekerja pada *mooring line* dan A adalah luas penampang dari *mooring line*. Gaya aksial tersebut berupa gaya akibat berat *mooring* sendiri serta gaya yang terjadi akibat respon gerak FPU terhadap gelombang.

METODOLOGI PENELITIAN

Ukuran utama FPU dan diameter *mooring line* yang dijadikan objek pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1. Konfigurasi sistem pengikatan ditunjukkan pada Gambar 4. Sistem pengikatan didesain secara simetris pada bagian haluan dan buritan FPU. Pada setiap titik pengikatan jumlah *mooring line* yang dipakai sebanyak 2 (dua) *line* dengan konfigurasi dan penomoran ditunjukkan pada Gambar 4.

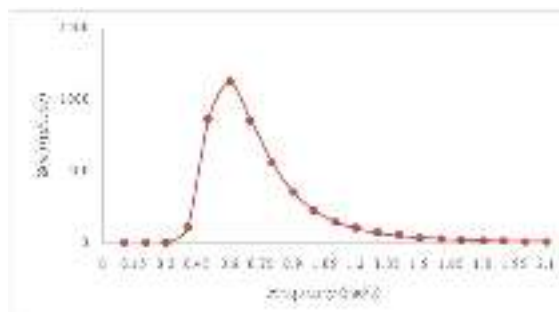
Tabel 1. Ukuran utama FPU

Panjang keseluruhan (LOA)	: 160.50 m
Lebar (B)	: 50.00 m
Tinggi (H)	: 17.00 m
Sarat (T)	: 8.40 m



Gambar 4. Konfigurasi sistem pengikatan FPU

Tinggi gelombang sesuai dengan lokasi instalasi dari FPU tersebut adalah 7.8 meter dengan periode 7.1 detik. Untuk memodelkan karakteristik gelombang pada setiap frekwensi gelombang sesuai dengan data tinggi dan periode gelombang digunakan spektrum gelombang Pierson – Moskowitz seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

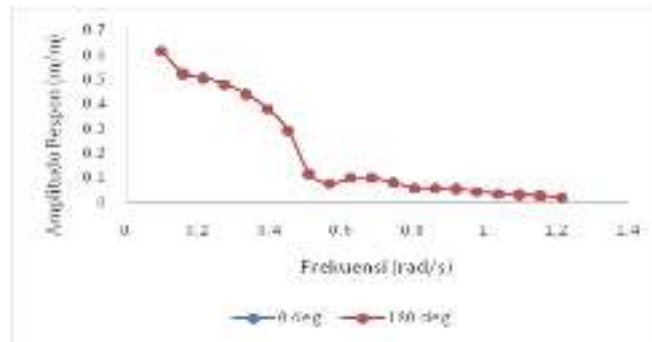


Gambar 5. Spektrum gelombang untuk tinggi gelombang 7.8 meter dan periode 7.1 meter

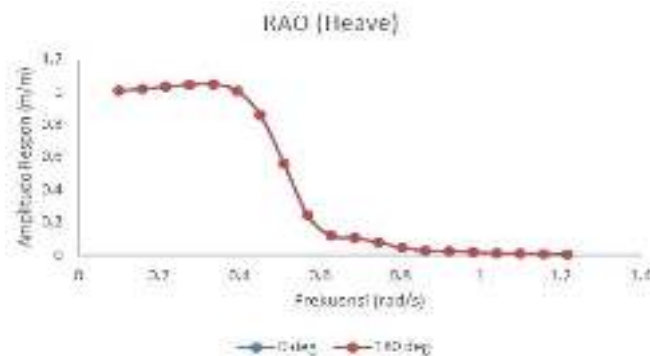
Respon gerak FPU diestimasi dengan arah datang gelombang 0 derajat dan 180 derajat dengan pertimbangan bahwa gerak surge, heave dan pitch terbesar terjadi pada arah datang gelombang tersebut. Ketiga respon gerak tersebut mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap gaya yang bekerja pada *mooring line*. Tegangan aksial pada masing-masing tali pengikat selanjutnya dihitung dengan menggunakan persamaan 2. Untuk mendapatkan range tegangan yang terjadi, tegangan *mooring* dihitung dalam fungsi waktu sehingga fluktuasi tegangan akibat perubahan gerak FPU relatif terhadap gelombang dapat diamati.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

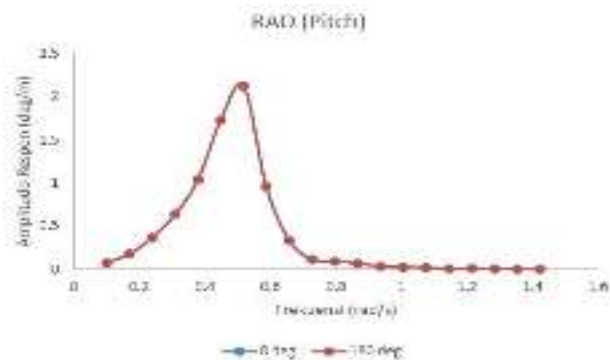
Respon gerak surge, heave dan pitch dari FPU dengan spektrum gelombang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 ditunjukkan pada Gambar 6 – 8.



Gambar 6. Respon gerak surge FPU



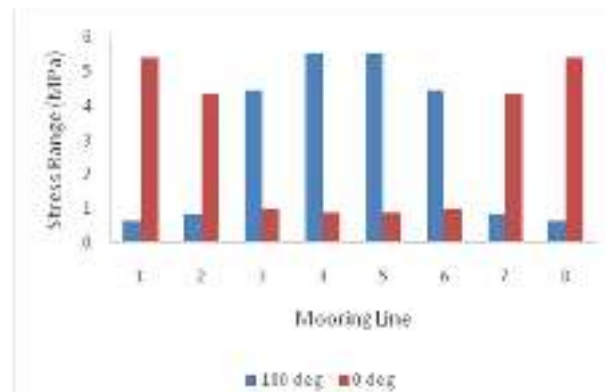
Gambar 7. Respon gerak heave FPU



Gambar 8. Respon gerak pitch

Makin besar frekwensi gelombang, respon gerak surge dan heave dari FPU semakin kecil. Gerak pitch akan mencapai nilai respon maksimum pada frekwensi gelombang tertentu, yaitu 0.53 radian/detik. Respon maksimum tersebut terjadi pada frekwensi gelombang sama dengan frekwensi natural gerak pitch. Pada frekwensi gelombang yang lebih besar dari frekwensi puncak tersebut, amplitudo gerak pitch akan semakin kecil dengan bertambahnya frekwensi gelombang. Pada frekwensi gelombang yang sangat besar, amplitudo gerak surge, heave dan pitch mendekati nol. Hal ini menunjukkan bahwa pada gelombang pendek (panjang gelombang lebih kecil dari panjang kapal untuk arah datang gelombang 0 derajat dan 180 derajat), respon gerak FPU tidak signifikan. Sebaliknya, pada frekwensi gelombang rendah (panjang gelombang sama dengan atau lebih besar dari panjang FPU), respon gerak surge menjadi besar akibat gaya dorong yang ditimbulkan oleh gelombang terhadap FPU menjadi besar. Ketika panjang gelombang lebih besar dari manjang kapal, gerak heave dari kapal cenderung untuk mengikuti permukaan gelombang sehingga amplitudo gerak heave pada frekwensi gelombang rendah hampir sama dengan amplitudo gelombang. Penomena tersebut juga menyebabkan amplitudo gerak pitch makin kecil pada frekwensi gelombang yang semakin kecil (gelombang panjang).

Respon gerak surge, heave dan pitch yang beresilasi sebagai fungsi dari gelombang akan menyebabkan tegangan yang bekerja pada tali pengikat juga akan berfluktuasi. Range tegangan yang terjadi pada setiap tali pengikat dengan konfigurasi yang ditunjukkan pada Gambar 4 ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Range tegangan pada tali pengikat

Range tegangan yang ditunjukkan pada Gambar 10 menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada tali pengikat sangat tergantung pada arah datang gelombang terhadap FPU. Tali pengikat yang berada pada arah datang gelombang akan mempunyai range tegangan aksial yang lebih besar dibandingkan dengan tali pengikat yang terletak pada sisi yang berlawanan. FPU mengalami gerak surge searah dengan gelombang sehingga tali pengikat yang berada pada arah datang gelombang akan mengalami tegangan tali sedangkan tali pengikat pada sisi yang berlawanan sebaliknya akan mengalami penurunan tegangan akibat gerak surge pada arah tersebut. Secara umum range tegangan maksimum yang terjadi masih berada dalam batas tegangan maksimum yang diizinkan untuk tali pengikat sehingga sistem pengikatan yang ada akan mampu untuk menahan pembebanan gelombang yang terjadi pada FPU.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap sistem pengikatan FPU pada sudut datang gelombang 0 derajat dan 180 derajat, beberapa kesimpulan dapat dibuat sebagai berikut:

1. Amplitudo gerak surge dan gerak heave dari FPU semakin kecil pada frekwensi gelombang yang lebih besar. Amplitudo gerak pitch bernilai maksimum pada frekwensi gelombang 0.53 radian/detik. Frekwensi ini sama dengan frekwensi natural gerak pitch dari FPU.
2. Range tegangan terbesar terjadi pada tali pengikat yang terletak pada arah datang gelombang sedangkan tali pengikat pada posisi yang berlawanan akan menjadi kecil akibat gerak surge yang terjadi searah dengan arah gelombang.
3. Untuk dapat mengevaluasi performa sistem pengikatan FPU secara keseluruhan, kemungkinan sudut datang gelombang serta pengaruh gerak yang lain perlu diteliti lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Isi dari makalah ini merupakan hasil penelitian dalam rangka pengembangan sistem pendidikan berbasis laboratorium (LBE) yang dikembangkan oleh Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik atas dukungan yang diberikan dalam rangka terlaksananya penelitian tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- American Bureau of Shipping (ABS), 2010, Guide for Dynamic Loading Approach for Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) Installations, Houston, USA.
- Bhattacharyya, R, 1978, Dynamics of Marine Vehicles, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.
- Thompson, J.M.T and Stewart, H.B., 2001, Nonlinear Dynamics and Chaos, 2nd Edition, John Willey & Sons, Inc., New York, USA.
- Fujiwara, T., Ueno, M., Ikeda, Y., 2006, Cruising Performance Of A Large Passenger Ship In Heavy Sea, Proceedings of the 16th International Offshore and Polar Engineering Conference 2006, California, 28 May – 2 June, USA.
- Umeda, N. and Hashimoto, H., 2002, Qualitative Aspects Of Nonlinear Ships Motion In Following And Quartering Seas With High Forward Velocity, Journal of Marine Science and Technology, Volume 6, pp. 111 – 121.
- Ito, Y., Umeda, N., Kubo, H., 2014, Hydrodynamic Aspects On Vulnerability Criteria For Surf-Riding Of Ships, Jurnal Teknologi (Science and Engineering) Volume 66, pp. 127 – 132.
- Chakrabarti, S, 2005, Handbook of Offshore Engineering, Elsevier, Oxford, UK.