

# ALE ARCHIPELAGO ENGINEERING 2019

Fakultas Teknik Universitas Pattimura

ISSN: 2620-3995



# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL

FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PATTIMURA  
KAMPUS POKA AMBON  
10 APRIL 2019

*Berbenah dalam Tantangan Revolusi Industri 4.0  
di Bidang Teknologi Kelautan-Kepulauan  
Menuju Tahun Emas 2020*

FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PATTIMURA  
AMBON

2019



**PROSIDING**  
**SEMINAR NASIONAL**

FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PATTIMURA  
KAMPUS POKA AMBON  
10 APRIL 2019

*Berbenah dalam Tantangan Revolusi Industri 4.0  
di Bidang Teknologi Kelautan-Kepulauan  
Menuju Tahun Emas 2020*

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PATTIMURA  
AMBON  
2019**

## SAMBUTAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNPATTI

Assalamualaikum Warohmatullahi Wabarakatuh,  
Salam Sejahtera.

Marilah kita panjatkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya sehingga kegiatan Seminar Nasional ke -2 Archipelago Engineering 2019 dengan tema **“BERBENAH DALAM TANTANGAN REVOLUSI INDUSTRI 4.0 DI BIDANG TEKNOLOGI KELAUTAN KEPULAUAN MENUJU TAHUN EMAS 2020”** dapat terselenggara dengan baik dan lancar.

Atas nama Keluarga Besar Fakultas Teknik Unpatti, perkenankan saya menyampaikan Selamat Datang di Kampus Fakultas Teknik kepada Bapak Prof. Adi Suryosatyo dari Universitas Indonesia, Bapak Dr. I Made Ariana, ST., MT. dari ITS dan dan Ibu Cathy Garden dari Selandia Baru sebagai *Keynote Speakers*, para pemakalah dan peserta dari luar Universitas Pattimura guna mengikuti seminar ini.

Saya menyambut gembira karena kegiatan Seminar ALE 2019 ini mendapatkan perhatian yang besar dari para dosen di lingkup Fakultas Teknik Unpatti sehingga lebih dari 40 makalah akan dipresentasikan dalam seminar ini. Untuk itu, saya menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Bapak dan Ibu para pemakalah. Saya yakin bahwa dari seminar ini akan menghasilkan ide-ide, konsep-konsep, teknik-teknik dan terobosan–terobosan baru yang inovatif dan bersinergi dengan pengembangan pola Ilmiah Pokok Unpatti terutama di bidang Kelautan Kepulauan.

Seminar ini terselenggara dengan baik karena dukungan dari berbagai pihak, khususnya para sponsor dan kontribusi dari pemakalah dan peserta. Untuk itu, saya menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Secara khusus, saya menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Panitia Penyelenggara atas jerih payah, kerja keras, ketekunan dan kesabarannya dalam mempersiapkan dan menyelenggarakan seminar ini sehingga dapat berjalan baik, lancar dan sukses.

Akhirnya, melalui seminar ini, marilah kita senantiasa perkuat dan perluas jejaring serta kerjasama antar sesama dosen sebagai pendidik, peneliti dan pengabdikan kepada masyarakat dalam mewujudkan Tri Dharma Perguruan Tinggi guna membangun bangsa dan negara tercinta.

Ambon, 10 April 2019  
Dekan Fakultas Teknik Unpatti,



**Dr. Ir. W. R. Hetharia, M.App.Sc**

## **SUSUNAN PANITIA PELAKSANA 2019**

Dr. Novitha L. Th. Thenu, ST., MT  
Nikolaus Titahelu, ST, MT  
Dr. Debby R. Lekatompessy, ST., MT  
Ir. W. M. E. Wattimena, MSc  
Danny Pailin Bunga, ST, MT  
Ir. Latuhorte Wattimury, MT  
N. Maruanaya, SH  
Ir. H. C. Ririmasse, MT  
Ir. John Latuny, MT, PhD

## **SEKSI SEMINAR ALE 2019**

W. M. Rumaherang, ST., MSc, PhD  
D. S. Pelupessy, ST, MSc, PhD  
Prayitno Ciptoadi, ST, MT  
Benjamin G. Tentua, ST, MT  
Mercy Pattiapon, ST, MT  
Meidy Kempa, ST, MT

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
SAMBUTAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNPATTI .....	iii
SUSUNAN PANITIA PELAKSANA .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
 <i>Teknik Perkapalan, Teknik Transportasi Laut</i>	
E. R. de FRETES : .....	1
<b>Analisa Parametrik Channel Flow pada Lambung Kapal Cepat untuk Memperoleh Wake Maksimum. Studi Kasus: Kapal Cepat Rute Ambon Wayame</b>	
SONJA TREISJE A. LEKATOMPESSY: .....	6
<b>Pengaruh Variasi Parameter Pengelasan Terhadap Kualitas Hasil Pengelasan</b>	
OBED METEKOHY : .....	9
<b>Analisa Pengaruh Karakteristik Teknis Desain Terhadap Proses <i>Setting</i> Kapal Pukat Cincin di Maluku</b>	
HELLY S. LAINSAMPUTTY : .....	15
<b>Analysis Of Principle Dimension And Shape Of Purse Seiners In Ambon Island</b>	
WOLTER R. HETHARIA, A. FENINLAMBIR, J. MATAKUPAN, F. GASPERSZ: .....	20
<b>Pengaruh Dimensi Terhadap Parameter Stabilitas Kapal-Kapal Penumpang Kecil Material FRP</b>	
LEKATOMPESSY DEBBY R, SOUMOKIL RUTH P, RIRIMASSE HEDY C. : .....	26
<b>Analisa Response Dinamik Pada Sambungan Konstruksi Kapal Kayu Berdasarkan Tipe Mesin Yang Digunakan</b>	
EDWIN MATATULA: .....	31
<b>Studi Pemilihan Jenis Alat Angkut Bahan Bakar Minyak Wilayah Kepulauan</b>	
MONALISA MANUPUTTY : .....	39
<b>Pengaruh Getaran Dan Kebisingan Terhadap Kelelahan Kerja Pada Awak Kapal Ikan Tipe <i>Pole And Line</i></b>	
 <i>Teknik Sistem Perkapalan</i>	
ABDUL HADI, B. G. TENTUA : .....	45
<b>Algoritma Simulasi Numerik Getaran <i>Dirrect Inline Harmonical Cam Follower</i> Pada <i>Valve Train Manifold</i> Motor Diesel</b>	
DANNY S. PELUPESSY : .....	52
<b>Studi Karakteristik Momen Torsi Akumulator Pegas Untuk Penggerak Langkah (Step-Drives)</b>	
JACOB D. C. SIHASALE, JERRY R. LEATEMIA : .....	57
<b>Analisis Penempatan Lokasi Station AIS (Automatic Identification Sistem) Di Ambon Guna Mendukung Monitoring ALKI (Alur Laut Kepulauan Indonesia) III Secara Maksimal</b>	
LATUHORTE WATTIMURY : .....	64
<b>Tinjauan Analisa Kerja Signal AF dan RF Terhadap Kinerja Peralatan Pemancar Dan Penerima Stasiun Radio Pantai Distrik Navigasi Ambon</b>	
MESAK FRITS NOYA, ABDUL HADI : .....	72
<b>Studi Eksperimental Pengaruh Posisi Pengelasan Terhadap Sifat Mekanis Baja Karbon Rendah</b>	

NOVITHA L. TH. THENU : .....	78
<b>Pemisahan Sinyal Bunyi Dari <i>Microphone Array</i> Dengan Menggunakan Metode <i>Blind Source Separation - Independent Component Analysis</i> Untuk Memantau Kondisi Poros Retak</b>	
PRAYITNO CIPTOADI : .....	83
<b>Pengaruh Variasi Diameter Pipa Isap Terhadap Karakteristik Pompa Sentrifugal</b>	
<i>Teknik Mesin, Teknik Informatika, Teknik Elektro</i>	
ANTONI SIMANJUNTAK, JOHANIS LEKALETTE : .....	87
<b>PLTS di Pulau Osi dan Permasalahannya</b>	
BENJAMIN GOLFIN TENTUA, ARTHUR YANNY LEIWAKABESSY : .....	95
<b>Studi Eksperimental Sifat Mekanis Tarik dan Bending Komposit Serat Empulur Sagu</b>	
JANDRI LOUHENAPESY, SEFNAT J. ETWAN SARWUNA : .....	102
<b>Analisa Kinerja Rem Cakera Akibat Modifikasi Kaliper Roda Belakang Terhadap Keselamatan Pengendara Sepeda Motor</b>	
NICOLAS TITAEHELU, CENDY S. E. TUPAMAHU: .....	108
<b>Analisis Pengaruh Masukan Panas pada Oven Pengering Bunga Cengkeh Terhadap Karakteristik Perpindahan Panas Konveksi Paksa</b>	
W. M. RUMAHERANG : .....	115
<b>Evaluasi Karakteristik Energy Torque Converter Berdasarkan Pengaruh Rasio Putaran Terhadap Koefisien Torsi dan Efisiensi</b>	
ELVERY B. JOHANNES : .....	121
<b><i>Indexing</i> pada Sistem Penalaran Berbasis Kasus Menggunakan Metode <i>Complete-Linkage Clustering</i></b>	
SAMY J. LITILOLY, NICOLAS TITAEHELU : .....	128
<b>Laser Semikonduktor GaAs Jenis Double Heterojunction Sebagai Sumber Cahaya dalam Komunikasi Optik</b>	
<i>Teknik Industri</i>	
ALFREDO TUTUHATUNEWA : .....	135
<b>Model Agile Supply Chain Industri Perikanan di Kota Ambon</b>	
AMINAH SOLEMAN : .....	141
<b>Analisis Beban Kerja Mental Dan Fisik Karyawan Pada Lantai Produksi Dengan Metode Nasa-Tlx Dan <i>Cardiovascularload</i></b>	
DANIEL B. PAILLIN, JOHAN M TUPAN, RIZKI ANGGRAENI UTAMI PUTRI : .....	147
<b>Penerapan <i>Algoritma Differential Evolution</i> untuk Penyelesaian Permasalahan <i>Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)</i>. (Studi Kasus: PT. Paris Jaya Mandiri)</b>	
MARCY L. PATTIAPON, NIL EDWIN MAITIMU : .....	154
<b>Perencanaan Produksi Kerajinan Kulit Kerang Mutiara dengan Menggunakan Metode Agregat di Kota Ambon</b>	
J. M. TUPAN : .....	158
<b>Desain Pemasaran Online Berbasis Web untuk Pemasaran Produk Kerajinan Kerang Mutiara di Kota Ambon. (Studi Kasus: Pondok Mutiara)</b>	
NIL EDWIN MAITIMU, MARCY L. PATTIAPON : .....	167
<b>Penerapan <i>Economic Order Quantity (EOQ)</i> Guna Menganalisa Pengendalian Persediaan Bahan Baku Daging Buah Pala pada Usaha Kecil Menengah (UKM) Hunilai di Dusun Toisapu Desa Hutumuri</b>	
RICHARD A. de FRETES : .....	172
<b>Pengembangan Komunitas Pesisir Di Kecamatan Leitimur Selatan dengan Memanfaatkan Kearifan Lokal</b>	

MOHAMMAD THEZAR AFIFUDIN, ARIVIANA LIENTJE KAKERISSA : .....	179
<b>Aplikasi Pendekatan N-Stage untuk Masalah Pengrutean dan Penjadwalan Truk-Tunggal di Daerah Kepulauan. (Studi Kasus pada Koperasi Unit Bersama Negeri Booi, Saparua)</b>	
W. LATUNY : .....	186
<b>Memprediksi Harga Jual Rumput Laut Kering Pada Tingkat Petani Dengan Data Mining</b>	
IMELDA CH. POCERATU : .....	200
<b>Implementasi Ekoteologi dalam Pencegahan Pencemaran Lingkungan Laut di Pasar Arumbai Ambon</b>	
 <i>Teknik Sipil, Perencanaan Wilayah &amp; Kota</i>	
A. KALALIMBONG : .....	209
<b>Tinjauan Hasil Peningkatan Saluran Suplesi Geren Meten Pulau Buru</b>	
S. G. M. AMAHEKA, FUAD H. OHORELLA, JESICA NAHUMURY : .....	215
<b>Analisis Biaya Operasional Kendaraan di Kota Ambon</b>	
MEIDY KEMPA : .....	222
<b>Kajian Tentang Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keterlambatan Proyek Gedung di Kota Ambon : Peringkat Faktor &amp; Solusi Penanggulangannya</b>	
SAMMYLES G. M. AMAHEKA, ARIVIANA L. KAKERISSA: .....	229
<b>Pengaruh Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Terhadap Biaya Proyek Konstruksi Bangunan Gedung di Kota Ambon</b>	
PIETER TH. BERHITU : .....	236
<b>Model Struktural Aspek Peran Zonasi dan Masyarakat dalam Pengelolaan Pesisir Kota Ambon Berkelanjutan</b>	
 <i>Tambahan</i>	
RIKHARD UFIE, ROY R. LEKATOMPESSY, ZICO MARLISSA: .....	243
<b>Kaji Kapasitas Pendinginan Ikan dengan Menggunakan Es dalam Kemasan Plastik</b>	
FELLA GASPERSZ, ABDUL DJABAR TIANOTAK, RUTH P. SOUMOKIL: .....	248
<b>Kajian Kualitas Kelas Awet Limbah Batang Kulit Pohon Sagu Sebagai Material Alternatif Bangunan Kapal</b>	
ABDUL DJABAR TIANOTAK, H. C. RIRIMASSE, ELVERY B. JOHANNES: .....	252
<b>Uji Kelayakan Ekonomis Pengembangan Fasilitas Bongkar Muat dan Turun Naiknya Penumpang di Pelabuhan Hurnala Maluku Tengah</b>	
H. C. RIRIMASSE, ABD. DJABAR TIANOTAK, ELVERY B. JOHANNES : .....	257
<b>Penentuan Sistem Transportasi Unggulan Di Kawasan Pengembangan Ekonomi Terpadu (Kapet) Seram Provinsi Maluku</b>	
BILLY J. CAMERLING : .....	261
<b>Pemilihan Alternatif Bahan Bakar Mesin Pembangkit PLTD Menggunakan Metode Value Engineering</b>	

*Kelompok Bidang Kajian:*

TEKNIK MESIN

TEKNIK INFORMATIKA

FISIKA

# EVALUASI KARAKTERISTIK ENERGY TORQUE CONVERTER BERDASARKAN PENGARUH RASIO PUTARAN TERHADAP KOEFESIEN TORSI DAN EFESIENSI

W. M. Rumaherang

e-mail: [max.rumaherang@fatek.unpatti.ac.id](mailto:max.rumaherang@fatek.unpatti.ac.id), [maxrumaherang72@gmail.com](mailto:maxrumaherang72@gmail.com)

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pattimura

Jl. Ir.M. Putuhena, Kampus Poka Ambon.

## ABSTRAK

Konverter torsi berfungsi mimdahkan daya dari motor induk ke system transmisi secara halus dan efisien yang ditunjukkan melalui karakteristik energinya. Karakteristik-karakteristik converter torsi dinyatakan sebagai hubungan antara parameter-parameter eksternal, yaitu hubungan moment putar poros-poros, daya dan kecepatan putar (putaran) serta efisiensi terhadap rasio kecepatan. Dalam penelitian ini dilakukan uji karakteristik converter torsi yaitu pengaruh perubahan rasio putaran terhadap rasio torsi dan kapasitas torsi dan efisiensi. Putaran pompa tidak dapa dijaga konstan untuk berbagai variasi beban dan bervariasi dari 200 – 500 rpm. Putaran turbin selalu lebih kecil dari putaran pompa, yang menandakan bahwa terjadi slip antara fluida kerja pada ruang clearance antara impeller dan roda turbin. Pada saat beban output meningkat, maka kecepatan impeller turbin akan melambat. Momen yang dibutuhkan menggerakkan turbin lebih besar, kemudian menurun dengan naiknya rasio putaran. Semakin tinggi putaran turbin, maka torsi yang dibutuhkan poros beban menjadi lebih kecil. Rasio torsi hasil experimental telah mencapai hasil yang mendekati hasil perhitungan teoritis. Efisiensi konverter torsi naik sesuai dengan kenaikan rasio putaran dan mencapai maksimum pada maksimum nilai rasio putaran.

**Kata kunci:** converte torsi, rasio putaran, rasio torsi, factor kapasitas, efisiensi

## 1. PENDAHULUAN

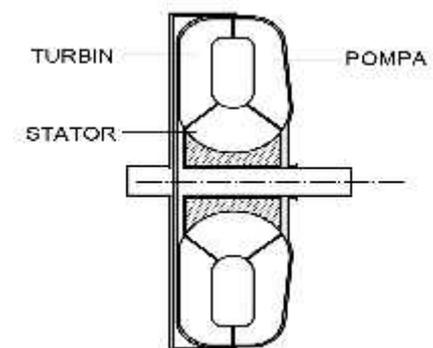
Konverter torsi adalah salah satu komponen utama dalam system transmisi yang digunakan secara luas untuk berbagai aplikasi permesinan yang membutuhkan transmisi daya secara halus, seperti pada automobil dan *loader industry*. Fungsi utama dari converter torsi memindahkan daya dari motor induk ke system transmisi secara halus dengan meredam getaran puntir engine (Hadi Adibi dkk, 2014) sehingga mesin berputar secara halus dan efisien (Kim dkk, 2012).

Sebuah converter torsi terdiri dari tiga komponen utama, yaitu pompa (*prime mover*), turbin yang secara mendasar merupakan rangkaian vane berputar dan sebuah stator. Walaupun dimensi dan sifat-sifat fisiknya berbeda satu dari yang lainnya namun secara dinamis mereka sama. (Joydeep dkk, 2012). Pompa tersambung pada poros mesin penggerak sedangkan turbin yang dihubungkan pada poros beban. Stator ditempatkan antara pompa dan turbin untuk mengarahkan cairan kembali dari turbin ke pompa. (Hadi Adibi dkk, 2014).

Poros input, impeller pompa, blade-blade stator dan turbin terhubung dengan poros output secara koaksial.

Ketiga komponen membentuk torus di dalam rangkaian hidrodinamik yang diisi dengan fluida kerja berupa oli hidrolik. Perangkat ini biasanya dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menghilangkan panas yang dibangkitkan (M.

B rgl zan dkk, 2007).



Gambar 1. Skema konverter torsi

Pengoperasian converter torsi dapat digambarkan sebagai pompa hidrolik yang menggerakkan turbin hidrolik. Torsi dari mesin menggerakkan pompa yang memberikan energi ke fluida hidrolik dalam sistem. Fluida hidraulik mengalir melalui konstruksi turbin dan membuatnya berputar sehingga mentransmisikan torsi yang berasal dari engine ke seluruh sistem transmisi (Jaydeep dkk, 2015).

Studi karakteristik transmisi hidrodinamik dapat dilakukan secara experimental di laboratorium maupun simulasi dimana dengan akurasi tinggi, yang kesalahan relatifnya kurang dari 2% (W. M. rumaherang 2015).

Karakteristik-karakteristik converter torsi dinyatakan sebagai hubungan antara parameter-

parameter eksternal, yaitu hubungan moment putar poros-poros, daya dan kecepatan putar (putaran) serta efisiensi terhadap rasio kecepatan (Void Turbo, 2009). Karakteristik transmisi hidrodinamik juga dinyatakan sebagai hubungan antara parameter-parameter aliran yaitu kapasitas aliran, kecepatan dan tekanan fluida kerja pada blade-blade impeller pompa dan turbin terhadap perbandingan putara atau rasio kecepatan (Shoab dkk 2012, Hadi, dkk 2014).

B rgl zan dkk, 2007, melakukan pengujian pada converter torsi CHC-350 untuk menggambarkan karakteristik utama yaitu efisiensi konverter torsi sebagai fungsi kecepatan  $n_1$  dan  $n_2$  dan torsi turbin,  $M_2$ , dan pompa,  $M_1$  dan menggambarkan karakteristik universal system ini.

Selain itu beberapa studi dilakukan juga untuk menggambarkan karakterstik converter torsi sebagai hubungan ketergantungan rasio dan kapasitas torsi terhadap perbandingan putaran turbin dan pompa (Kyoung dkk, 2008), dan karakteristik kavitasinya serta hubungan koefisien transmisi  $K$  dengan rasio putaran.

Dalam penelitian ini dilakukan uji karakteristik converter torsi untuk melukis pengaruh perubahan parameter putaran terhadap koefisien torsi, rasio torsi dan kapasitas torsi sebagai unjuk kerja dengan menggambarkan karakterstik converter torsi.

## 1. TINJAUAN PUSTAKA

### 1.1. Energy spesifik aliran

Konverter torsi disebut sebagai tramisi hidrodinamik yang mentransformasikan momen putar yang diberikan (Artemyeva, 2006). Elemen utama konverter torsi terdiri dari dua elemen berputar yaitu pompa dan turbin serta satu elemen stator. Prinsip kerja converter torsi secara sederhana sama dengan kopling hidrodinamik yang ditambah dengan blade stator yang mengubah momentum sudut dari fluida yang melewatinya.

Berdasarkan persamaan euler, maka energi yang dikonversikan dari pompa ke fluida adalah :

$$E_p = (\omega_p^2 r_o^2 - \omega_t^2 r_i^2) \quad (1)$$

Dimana  $\omega$  = kecepatan sudut (rad/s),  $r$  = radius, indeks  $p$ ,  $t$ ,  $o$ , dan  $i$  berturut-turut menunjuk pada pompa, turbin, inlet dan output. Sama halnya dengan pompa, energy spesifik yang dikerjakan fluida pada turbin adalah

$$E_t = (\omega_t^2 r_o^2 - \omega_p^2 r_i^2) \quad (2)$$

Momen yang dibangkitkan ketika fluida mengalir melalui impeller elemen konverter torsi adalah (Artemyeva, dkk 2006) :

$$M_p = \rho (c_{u2p} r_{2p} - c_{u2s} r_{2s}) \quad (3)$$

dan

$$-M_t = \rho (c_{u2t} r_{2t} - c_{u2p} r_{2p}) \quad (4)$$

Dimana :  $M_p$  = momen pada impeller pompa,  $M_t$  = momen pada impeller tubin,  $c_{u2}$  adalah komponen

kecepatan tangensial pada sisi keluar blade impeller,  $r_2$  adalah radius sisi keluar, indeks  $p$ ,  $t$ , dan  $s$  menyatakan pompa, turbin dan stator. Karena stator berputar, maka torsi yang sama dengan arah berlawanan akan ditambahkan ke fluida dari system, hal ini berarti bahwa torsi pada impleller turbin sekunder tidak sama dengan yang diberikan oleh pompa (Douglas dkk, 2005). Momen fluida yang melewati stator dinyatakan sebagai:

$$M_s = \rho (c_{u2s} r_{2s} - c_{u2t} r_{2t}) \quad (5)$$

### 1.2. Karakteristik Converter Torsi.

Karakteristik turbin terdiri dari dua type yaitu karakateristik internal dan karakteristik eksternal. Karakteristik internal adalah hubungan parameter-parameter aliran fluida dalam system. Dalam hal ini hubungan antara head  $H$ , debit  $Q$  dan  $\Sigma h_{pot}$  sebagai fungsi dari  $\omega_2$  dan  $I$  untuk  $\omega_1 = \text{const}$ , karakteristik  $H=f(Q)$  pada nilai  $\omega_1 = \text{const}$ , dan lainnya. Pada setiap titik external karakteristik berhubungan dengan titik karakteristik internal. Dari hubungan ini sekaligus dapat ditinjau ketergantungan karakteristik eksternal dari parameter-parameter internal. Untuk  $\dot{S}_1 = \text{const}$  dan  $Q = \text{const}$  maka nilai head  $H_p = \text{const}$ , dan  $H_t$  dinyatakan sebagai :

$$H_t = A_q \omega_2 - A_z \omega_2^2$$

Efisiensi hidrolis dinyatakan sebagai

$$\eta = \frac{H_t}{H_p}$$

Karakteristik eksternal merupakan hubungan parameter-parameter eksternal pada kekentalan dan densitas fluida kerja, putaran dan momen pompa konstan (Artemyeva, dkk 2006). Karena itu karakteristik eksternal turbin dinyatakan dalam ketergantungan  $M_1$ ,  $M_2$ , dari rasio kecepatan  $i$ , dan  $\omega_2$ . Dimana  $M_1$ ,  $M_2$  adalah momen pada poros penggerak dan poros beban yang berbeda nilai dengan momen pada blade impeller pompa dan turbin  $M_p$  dan  $M_t$ .

Dari persamaan (3), karena nilai  $c_{u1} = u - c_m c$ ,  $u_{s2} = 0$ , dan luas kanal antar blade imoeller  $F = 2 \text{ rb}$ , maka momen yang dibangkitkan oleh impeller pompa menjadi :

$$M_p = \rho \left[ \omega_p r_{p2}^2 + c_m \left( \frac{r_{p2} c \beta_{s2}}{r_{s2}} - r_{p2} c \beta_{p2} / F_{p2} \right) \right] \quad (6)$$

Dimana  $c_m = \omega_p r_{p2} \sqrt{(1 - i^2)(1 - a^2)} / \zeta$  = kecepatan relative,  $a$  = rasio radius inlet dan outlet blade impeller.

Sama halnya dengan pompa, dengan mengabaikan kecepatan  $c_u$  blade impeller turbin, mamen yang dibangkitkan oleh turbin adalah :

$$M_t = \rho \left[ \omega_t r_{t2}^2 - \omega_p r_{p2}^2 + Q (r_{p2} c \beta_{p2} / F_{p2} - r_{t2} c \beta_{t2} / F_{t2}) \right] \quad (7)$$

Daya yang diberikan oleh pompa dan daya yang

dihasilkan oleh turbin ditentukan berdasarkan nilai momen dan kecepatan sudut masing-masing elemen. Efisiensi konverter torsi diberikan oleh persamaan yaitu :

$$=M_t / M_p \cdot p. = T_r \cdot i \quad (8)$$

Momen pada stator dapat mempunyai tanda positif atau negative sesuai dengan design stator dan arah aliran didalamnya.

### 1.3. Sifat Konverter Torsi dan Nilai Performansinya.

Inti dari converter torsi adaah kemampuan merubah momen putar penggerak pada perubahan momen pada sisi output dan menjamin rezim kerja motor penggerak yang konstan ( $\omega_1 = \text{const}$  dan  $M_1 = \text{const}$ ) untuk setiap perubahan beban kerja pada poros beban ( $\omega_2 = \text{var}$  dan  $M_2 = \text{var}$ ).

Sifat-sifat transmisi converter torsi, yaitu sifat mengubah nilai momen putar , yang ditunjukkan melalui hubungan  $K = f(i)$  yang dapat digambarkan setelah mengetahui  $= f(i)$ .

Dengan demikian koefisien transmisi converter torsi adalah (Douglas, dkk 2015) dan (Kyoung Song, dkk 2008):

$$K = T_r = \frac{M_t}{M_p} = 1 + M_e / M_s \quad (9)$$

Dimana  $M_t$  = torsi turbin,  $M_p$  = torsi pompa,  $M_s$  = torsi stator.

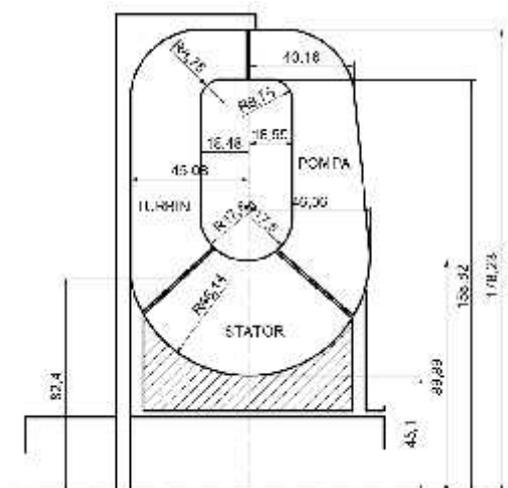
Kapasitas Torsi  $C_f$  pada setiap rasio kecepatan digunakan didefinisikan sebagai (Hadi Adibi, dkk 2014).

$$C_f = \frac{\omega_p}{i \cdot C_e} \quad (10)$$

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian ekperimental pada *stand* pengujian converter torsi (gambar 2).



Gambar 2. Skema Hydrodinamik Tranmisi

Spesifikasi adalah sebagai berikut : diameter normal  $D_a = 0,35$  meter, yang terbentuk dari pompa, turbin dan stator atau reactor, seperti gambar 2

Pengujian dilakukan pada nilai putaran  $n_1$  dan  $Q$  yang disesuaikan dengan kondisi alat ukur yang tidak konstan, dimana putaran poros pompa sama dengan putaran elektromotor. Berdasarkan data putaran beban pengereman, dicatat beban pada poros motor penggerak, dan pada poros turbin, demikian juga dicatat putaran pada poros penggerak dan poros turbin. Selanjutnya digambarkan hasil yang dicapai hubungan torsi, daya, koefisien torsi dan factor kapasitas sebagai fungsi dari rasio putaran  $i$ .

### 2.2. Peralatan Penelitian

Peralatan dan instalasi penelitian sama dengan instalasi uji pada penelitian hydraulic kopleng tahun 2015 (W.M. Rumaherang, dkk 2015). Instalasi uji terdiri dari 4 komponen utama yaitu load balance electromotor, kopleng hidrodinamik, beban (rem) dan perangkat alat ukur. Alat-alat ukur terdiri dari dua unti tachometer elektrik yang terpasang pada poros pompa  $n_1$  dan turbin  $n_2$ , alat ukur berat yang terpasang pada lever arm, untuk mengukur beban rotational pada poros pengantar  $P_1$ , dan pada poros beban  $P_2$ . Mamometer board yang terdiri dari 3 manometer yang mengukur tekanan fluida kerja pada sisi pompa dan sisi turbin serta tekanan di antara keduanya pada titik-titik pengukuran yang ditetapkan.

Poros penggerak dikopel dengan poros pengantar yang dipasang pada bantalan-bantalan rol yang tersambung pada kopleng mekanik sehingga gaya aksial tidak pada poros poros motor listrik sama dengan nol dan memungkinkan pengukuran gaya-gaya dengan bantuan perangkat lever arm 2a dan dynamometer untuk pengukuran momen rotasional pada poros pompa  $M_1$ .

Poros converter torsi dihubungkan dengan poros beban (rem) dan perangkat ukur berat 2b, yang dipasang pada lever arm untuk pengukuran moment rotational pada poros turbin  $M_2$ .

Gaya – gaya diukur pada keadaan setimbang (diam) dan dalam keadaan bergerak. Gaya-gaya yang tercatat pada instrument pengukur berat untuk kondisi instalasi alam keadaan diam adalah  $P_{01}$  dan  $P_{02}$  sedangkan hasil pengukuran gaya-gaya pada kondisi kerja instalasi dari pada lever arm penggerak (pompa) dan beban (turbin) masing-masing adalah  $P_1$  dan  $P_2$  yang diatur bervariasi sesuai variasi beban yang telah ditetapkan.

Gaya-gaya aksial  $A_1$  pada poros pengantar dan  $A_2$  pada poros beban diukur dengan rodding (lever transmission) dan spring dynamometer annular menurut petunjuk yang menunjukkan nilai gaya indicator  $A_{1d}$ , dan  $A_{2d}$ .

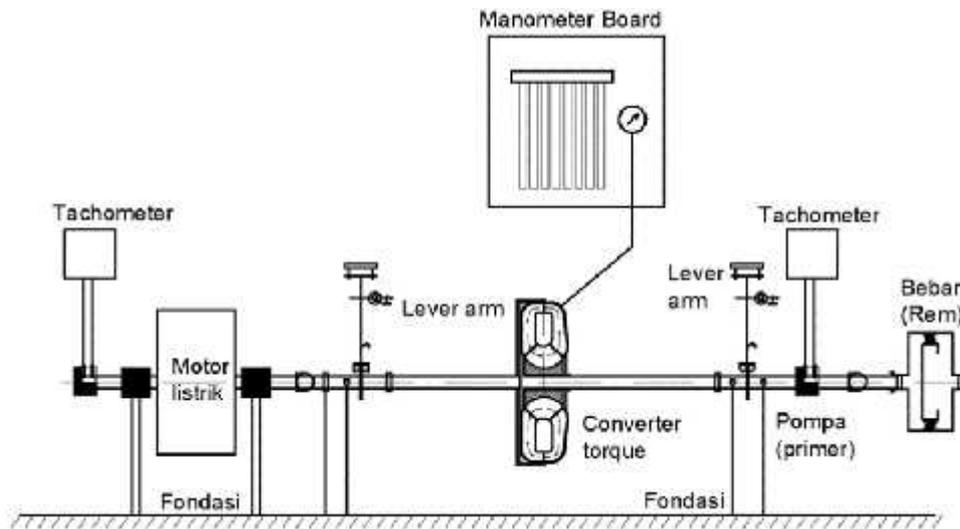
Panjang lever penggerak 2a dan 2b;

perbandingan peralatan leverage pada pengukuran gaya-gaya aksial  $a/b$ ; koefisien-koefisien dynamometer  $c_{d1}$ ,  $c_{d2}$ ; besaran-besaran (ketidakseimbangan) luas permukaan pompa  $F_{P0}$  dan turbin  $F_{T0}$  merupakan parameter-parameter konstanta.

Poros penggerak dan poros beban dihubungkan pada poros pompa dan poros turbin tanpa roda gigi

transmisi, karena putaran penggerak dan pompa  $n_1 = n_p$  sedangkan putaran beban (rem) sama dengan putaran turbin  $n_2 = n_t$ .

Data hasil pengukuran pada berbagai variasi beban digunakan untuk menghitung dan menggambarkan karakteristik kopling hidrodinamik, yang merupakan kurva putaran dan momen sebagai fungsi rasio kecepatan.



Gambar 3. Gambar instalasi pengujian.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Experimental data

Pengukuran dilakukan untuk variasi putaran dan beban. Untuk melakukan pengukuran maka perlu ditetapkan beberapa konstanta melalui setup instalasi, yaitu putaran yang diberikan oleh motor listrik adalah konstan  $n_1' = 500$  rpm dan beban pada lever arm bagian pompa dan lever arm pada sisi turbin..

Parameter-parameter yang dijaga konstan adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Konstanta-konstanta pengukuran

Koefisien dynamometer pompa $c_{d1}$	5.16	
turbin $c_{d2}$	9	
Tekanan awal, Pa	0,5	kg/cm <sup>2</sup>
Temperature, t	20 <sup>0</sup>	
Tekanan pompa (diam), $P_{01}$	8	kg/cm <sup>2</sup>
Tekanan turbin (diam), $P_{02}$	5,6	kg/cm <sup>2</sup>
Diameter impeller pompa dan turbin, $d_A$	0,35	meter

Radius $r_{1p}$	0.825	meter
$r_{2p}$	0.169	meter
$r_{1t}$	0.169	meter
$r_{2t}$	0.825	meter
$r_{1s}$	0.825	meter
$r_{2s}$	0.825	meter
Lebar blade : $b_p$	0.027	meter
$b_s$	0.044	meter
$b_t$	0.027	meter
Panjang lever arm $L_1 = L_2$	1,2	meter
Kemiringan blade, $\alpha$	90 <sup>0</sup>	
Putaran motor $n_1'$	1000	rpm
Kehilangan momen $M_p$ dan $M_t$		
Untuk $n = 200$	0,05	
$n = 300$	0,10	
$n = 400$	0,15	

Pembebanan secara bertahap pada sisi pompa pada sisi turbin. Pada saat yang sama dilakukan pengukuran putaran, gaya-gaya aksial pada sisi pompa dan turbin.

Pada putaran input yang diberikan diatas ( $n_1' = 500$  rpm), sebagaimana dijelaskan bahwa sangat tidak mungkin mengkonstantakan nilai putaran pompa, sehingga nilai putaran pada tachometer 1

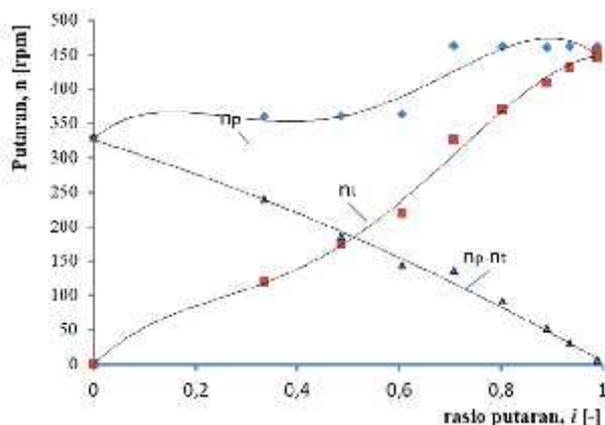
tidak konstan dan bervariasi antara  $198,26 < n_1 < 400,73$  yang menggambarkan kondisi tidak stabil. Hasil pengukuran yang ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data hasil pengukuran putaran dan beban

No.	Putaran (pembacaan tachometer)		Beban Kg		Gaya Aksial Kg	
	$n_1$	$n_2$	$P_1$	$P_2$	$A_{1d}$	$A_{2d}$
1	400,73	385,74	6,10	7,50	2,00	1,00
2	400,27	375,75	6,40	7,20	4,00	2,00
3	400,66	360,80	7,00	6,60	8,00	4,50
4	398,68	338,76	8,20	5,62	10,00	5,50
5	400,70	300,40	10,26	3,31	11,00	6,00
6	401,03	256,6	11,10	2,50	9,00	5,00
7	302,19	149,60	10,10	3,50	0	0
8	300,00	105,00	10,50	3,10	-5,00	-3,00
9	298,80	60,46	10,70	2,90	-15,00	-8,50
10	198,26	0	9,27	4,46	-32,0	-18,0

### 3.2. Perhitungan putaran pada masing-masing komponen

Berdasarkan tabel 2 ditemukan nilai putaran poros output yang dihasilkan converter torsi  $n_2'$  dan rasio putaran poros turbin terhadap kecepatan input yang diberikan  $t/p$ . Gambar 4 menunjukkan hubungan antara putaran pompa dan turbin serta perbedaan putaran keduanya, yang menunjukkan bahwa putaran turbin selalu lebih kecil dari putaran pompa sebagai penggerak. Kondisi ini disebabkan karena sifat-sifat fisik fluida teristimewa sleep yang terjadi antara impeller pompa dan turbin. Putaran pompa ikut berubah dengan kenaikan putaran turbin. Selisih putaran pompa dan turbin berkurang dengan naiknya rasio tekanan.



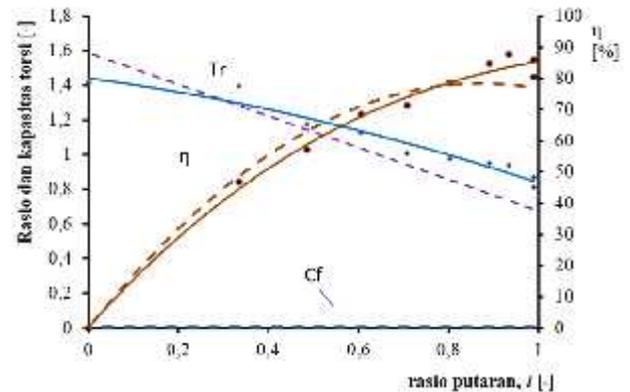
Gambar 4. Perubahan  $n_p$  dan  $n_t$  sebagai fungsi rasio kecepatan  $i$ .

Gambar 4 menunjukkan bahwa untuk rasio kecepatan  $i$  bernilai dari 0 sampai dengan 0,96, atau putaran pompa  $300 < n_p < 461$  rpm, putaran poros

turbin berkisar antara  $0 < n_t < 445$  rpm.

### 3.3. Karakteristik Energy

Telah diketahui bahwa putaran turbin selalu lebih rendah dari pada putaran pompa. Hubungan putaran turbin dan pompa akan mencapai maksimal pada pembebanan minimum menunjukkan naiknya putaran turbin. Rasio momen berkurang bersamaan dengan kenaikan putaran turbin. Perubahan rasio torsi dan efisiensi yang dihitung berdasarkan persamaan (9) dan (10).



Gambar 5. Perubahan  $Tr$  dan  $C_f$  dan  $\eta$  sebagai fungsi rasio kecepatan  $i$ .

Gambar 5. menunjukkan karakteristik converter torsi, dimana karena pengaruh kerja fluida, turbin mengalami percepatan dari kondisi diam sampai pada  $i$  mendekati nilai  $i_p$ .

Torsi yang dibutuhkan menggerakkan turbin maksimum pada nilai rasio kecepatan minimum kemudian menurun dengan naiknya rasio putaran tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa ketika putaran turbin mendekati putaran pompa, maka rasio torsi menjadi lebih kecil. Semakin tinggi putaran turbin, semakin kecil torsi yang dibutuhkan poros beban. Rasio torsi hasil experimental yang ditunjukkan pada gambar 5 mendekati rasio torsi teoritis yang dihitung dengan persamaan (1) sampai persamaan (9), sehingga hasil eksperimen menunjukkan kecenderungan yang sama secara teoritis.

Gambar 5 juga menunjukkan bahwa efisiensi konverter torsi naik sesuai dengan kenaikan rasio putaran. Secara teoritis efisiensi maksimum pada rasio putaran  $i = 0,8$ , namun dalam penelitian ini efisiensi titik optimal ditemukan pada rasio putaran maksimum.

Kecenderungan perubahan efisiensi berdasarkan persamaan (1) sampai (9) menunjukkan hasil yang sama, namun pada rasio kecepatan 0,2 – 0,8 lebih kecil dari teoritis. Hal dapat dijelaskan dengan kajian pengaruh factor-faktor aliran dalam torus serta kajian konstruksi elemen-elemen converter torsi itu sendiri.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan pembahasan, maka disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Hubungan antara putaran pompa dan turbin serta perbedaan putaran keduanya menunjukkan bahwa putaran turbin selalu lebih kecil dari putaran pompa sebagai penggerak, yang menandakan bahwa terjadi slip antara fluida kerja pada ruang clearance antara impeller dan roda turbin. Pada saat beban output meningkat, maka kecepatan impeller turbin akan melambat.
2. Momen yang dibutuhkan menggerakkan turbin lebih besar, kemudian menurun dengan naiknya rasio putaran. Semakin tinggi putaran turbin, maka torsi yang dibutuhkan poros beban menjadi lebih kecil.
3. Rasio torsi hasil experimental telah mencapai hasil yang mendekati hasil perhitungan teoritis.
4. Efisiensi konverter torsi naik sesuai dengan kenaikan rasio putaran dan mencapai maksimum pada maksimum nilai rasio putaran.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Hadi Adibi Asl, Nasser Lashgarian Azad and John McPhee, 2014, Math-based torque converter modelling to evaluate damping characteristics and reverse flow mode operation, *Int. J. Vehicle Systems Modelling and Testing*, Vol. 9, No. 1.
- B. S. Kim, S. B. Ha, W. S. Lim And S. W. Cha, 2008, Performance Estimation Model Of A Torque Converter, Part I: Correlation Between The Internal Flow Field And Energy Loss Coefficient. *International Journal of Automotive Technology*, Vol. 9, No. 2, pp. 141-148
- Joydeep M. Banerjee John J.McPhee, 2012, Graph-theoretic Modeling and Dynamic Simulation of an Automotive Torque Converter, *IFAC Proceedings Volumes*, Volume 45, Issue 2, Pages 1219-1224
- Hadi Adibi Asl, Nasser Lashgarian Azad and John McPhee, Modeling Torque Converter Characteristics in Automatic Drivelines: Lock-up Clutch and Engine Braking Simulation. *12PFL SAE International* – pp 362. [https://www.researchgate.net/publication/267489799\\_Modeling\\_Torque\\_Converter\\_Characteristics\\_in\\_Automatic\\_Drivelines\\_Lockup\\_Clutch\\_and\\_Engine\\_Braking\\_Simulation](https://www.researchgate.net/publication/267489799_Modeling_Torque_Converter_Characteristics_in_Automatic_Drivelines_Lockup_Clutch_and_Engine_Braking_Simulation)
- M. B rgl zan, C. Velescu, T. Milo , A. Manea, E. Dobând , Hydrodynamic transmission operating with two-phase flow. *Computational Methods in Multiphase Flow IV*. WIT Transactions on Engineering Sciences, Vol 56, pp.369-378.
- & C. Stroi H. Heinz, 2002, *Advanced Vehicle Technology*, 2nd ed., Elsevier Butterworth-Heinemann,
- Voith Turbo, 2009, *Hydrodynamic Couplings, VOITH engineered reability Principles, Features, Benefits*, Voith Turbo GmbH & Co. KG Crailsheim, Germany,., [www.voithturbo.com](http://www.voithturbo.com)
- Shoab A. Talukder and B.P. Huynh, 2012, Numerical Study of Performance of a Torque Converter Employing a Power-Law Fluid, 18th Australasian Fluid Mechanics Conference Launceston, Australia.
- Kyoung Song, Kyusup Kim, JaeIn Park, JaeChang Kook and JongSun Oh, JangHyung Cho, MuSung Kim, Development of the Integrated Process for Torque Converter Design and Analysis, *SAE Technical Paper Series*, 2008, pp 785-793.
- Artemyeva T.V., T.M, Lisenko, S.P. Stesin, 2007. *Gidraulika, Gidromashini I Gidropneumoghivod, Izkadatelskiy Tsentre (Akademiya)*, Moskva.
- Douglas John F., Janusz M., John A. Swaffield, Lynne B. Jack, 2005, *Fluid Mechanics*, Fifth Edition, Pearson Prentice Hall.