

## **STUDI BEBAN PENCEMARAN LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) PADA BALLAST WATER KAPAL BARANG DAN KAPAL PENUMPANG DI PELABUHAN TANJUNG EMAS SEMARANG**

**Anugrah Febrino Balwa, Nurjazuli, Tri Joko**

Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Diponegoro

Email: [anugrahbalwa@gmail.com](mailto:anugrahbalwa@gmail.com)

**Abstract:** *Ballast water exchange is one of the operations of the ship. The more number of vessels that lean to make the amount of ballast water that is dumped in the waters of the port of Tanjung Emas the more higher. Ballast water pollution due to the cargo and passenger ships at the Port of Tanjung Emas cause pollution load which impact indirectly on the quality of water. The purpose of this study was to determine the burden of the heavy metal cadmium pollution of water ballast cargo and passenger ships in the Port of Tanjung Emas in Semarang. This type of research is descriptive survey with cross sectional approach. The variables in this research include the number of vessels, the type of ship, age of ship, cadmium levels ship ballast water, sewage discharge ballast water of ships and ship ballast water pollutant load. Population and sample in this research were 30 cargo and passenger ships with criteria that ship rely at the port of Tanjung Emas in Semarang and have a ballast water tank. The results showed cadmium levels of 30 samples ship ballast water (100%) is above the threshold value with the highest level of 2,457 mg/l and the lowest level of 1,076 mg/l. Waste discharge ballast water ships at the Port of Tanjung Emas highest level of 350 m<sup>3</sup>/hour and the lowest level of 1.00 m<sup>3</sup>/hour. The results of pollutant load calculations ship ballast water of 30 samples cargo and passenger ships at the Port of Tanjung Emas shows that the highest pollutant load of 0,782 kg/day and most lower pollutant load 0,002 kg/day. The conclusion of this study is the pollutant load of cadmium from the cargo and passenger ships at the Port of Tanjung Emas has a varies value depending on the type of ship and vessel age.*

**Keywords** : cadmium, ballast water, pollution load, ship

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pergerakan armada angkutan laut di wilayah Indonesia yang berjumlah kurang lebih 6012 kapal pada 612 pelabuhan laut dan 140 dermaga penyeberangan ditambah lalu lintas transit kapal asing di perairan Indonesia membuat aktivitas laut Indonesia tidak pernah berhenti.<sup>1</sup> Hal ini memberikan andil yang cukup besar terhadap pencemaran laut di perairan Indonesia. Kapal dalam operasional rutinnnya menghasilkan limbah yang berbahaya dan beracun baik dalam bentuk padat maupun cair.<sup>2</sup>

Pencemaran di perairan pelabuhan tidak saja akan menurunkan kualitas dan produktivitas perairan pelabuhan tersebut, lebih dari itu akan mempengaruhi kualitas dan produktivitas perairan sekitarnya. Wilayah sekitar pelabuhan umumnya didominasi oleh tiga kategori pencemaran: pembuangan minyak dari limbah pembakaran, pembuangan air *ballast* dan sampah.<sup>2</sup>

Pada sebuah kapal, air *ballast* adalah air laut yang dimasukkan kedalam kapal untuk menahan gaya lateral. Tidak cukupnya air *ballast* membuat kapal akan terombang ambing atau miring, terlebih jika angin yang kencang bisa menyebabkan kapal terbalik.<sup>3</sup>

Penggunaan kadmium sebagai salah satu cara mencegah korosi laut terhadap besi dan baja yang digunakan kapal menimbulkan risiko pencemaran logam berat pada pembuangan air *ballast*.<sup>4</sup>

*Handbook for inspection of Ships and Issuance of Ship Sanitation Certificates* terbitan 2011 dari *World Health Organization* (WHO) menerangkan bahwa kualitas air ballast dalam tangki ballast yang memenuhi syarat adalah air dengan PH berkisar antara 6 - 8,5 dan tidak tercemar bahan kontaminan, biologi, fisika dan kimia.<sup>3</sup> Pencemaran kadmium pada air *ballast* dapat terjadi pada saat proses *ballasting* dan pada saat air *ballast* tersebut di bawa pada tangki *ballast*.<sup>4</sup>

Jumlah kunjungan kapal pada tahun 2013 sebanyak 3.210 unit kemudian pada tahun 2014 mengalami penurunan menjadi 3.130 unit dan pada tahun 2015 mencapai sebanyak 2.896 unit. Pada tahun 2015 rata-rata tiap bulannya jumlah kapal yang bersandar di pelabuhan Tanjung Emas berjumlah 23 kapal barang dan 12 kapal penumpang.<sup>5</sup> Berdasarkan jumlah tersebut diperkirakan jumlah air *ballast* yang dibuang ke perairan pelabuhan Tanjung Emas sebanyak 33.1680 m<sup>3</sup>.<sup>6</sup>

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Qulub pada tahun 2013 dengan metode *Spektrofotometri Serapan Atom* (SSA) pada kapal barang dan penumpang yang bersandar di sekitar pelabuhan Tanjung Emas Semarang menunjukkan bahwa 30 sampel air *ballast* kapal yang diuji mempunyai kadar kadmium (Cd) paling rendah yaitu 0,009 mg/l, sedangkan kadar paling tinggi yaitu 0,133 mg/l dan rata-rata kadar kadmium (Cd) sebesar 0,046 mg/l.<sup>7</sup>

Kadmium bersifat esensial juga toksik terhadap organisme

yang hidup di air oleh karena sifat tersebut, dalam berbagai penelitian logam berat ini selalu mendapat prioritas untuk dianalisis dan dievaluasi.<sup>8</sup> Kadmium yang ikut masuk ke dalam tubuh biota laut dan terakumulasi terus menerus bisa melebihi konsentrasi di air.<sup>9</sup> Kadmium tersebut mengikuti rantai makanan mulai dari fitoplankton sampai ikan predator dan pada akhirnya sampai ke manusia. Bila kadmium yang berada dalam jaringan tubuh organisme laut tersebut dalam konsentrasi tinggi, kemudian dijadikan sebagai bahan makanan maka akan berbahaya bagi kesehatan manusia.<sup>7</sup>

Oleh karena itu endapan kadmium yang terdapat dalam tangki air *ballast* akibat proses *ballasting* dapat mengakibatkan pencemaran lokal dan berpotensi berbahaya bagi biota perairan serta kesehatan masyarakat yang mengonsumsi hasil biota laut dari perairan tersebut.<sup>7</sup>

Pencemaran yang terjadi akibat air *ballast* kapal barang dan penumpang di Pelabuhan Tanjung Emas menimbulkan beban pencemaran yang berdampak secara tidak langsung terhadap kualitas perairan Pelabuhan Tanjung Emas. Efek dari beban pencemaran air *ballast* tersebut berupa logam berat yang terakumulasi dalam sedimen air laut ataupun dalam ikan-ikan di sekitar perairan pelabuhan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar beban pencemaran logam berat Kadmium (Cd) pada air *ballast* kapal barang dan penumpang serta kualitas air laut di

Pelabuhan Tanjung Emas Semarang.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian survei deskriptif dengan metode *total population sampling* dan pendekatan *cross sectional*. Populasi dan Sampel pada penelitian berjumlah 30 unit kapal barang dan kapal penumpang dengan kriteria kapal yang memiliki tangki air *ballast* dari laut dan sedang bersandar di pelabuhan Tanjung Emas Semarang.

Penelitian ini mendeskripsikan tentang variabel-variabel yang meliputi jumlah kapal, jenis kapal, umur kapal, volume tangki *ballast*, debit limbah *ballast* dan beban pencemar air *ballast* kapal. Pengumpulan data primer dikumpulkan melalui kuisisioner, pemeriksaan sampel air *ballast* yang dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro dan perhitungan besar beban pencemaran logam berat kadmium pada air *ballast* untuk mengetahui besar beban pencemaran logam berat kadmium pada air *ballast* kapal di wilayah perairan Tanjung Emas Semarang. Sedangkan, data sekunder diperoleh dari Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan (KSOP) Kelas I Tanjung Emas Semarang.

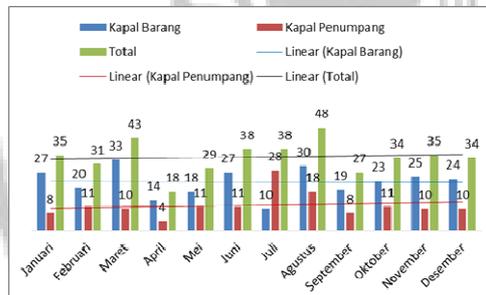
Data yang terkumpul dari hasil wawancara, observasi dan pemeriksaan laboratorium diolah menggunakan perangkat lunak pengolah data dengan tahapan *editing, coding, entry*

data dan tabulasi data. Analisis data dilakukan secara deskriptif yaitu memberikan gambaran tentang sampel yang diteliti melalui data sampel sebagaimana adanya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Pelabuhan Tanjung Emas Semarang terletak pada posisi 6°6' LS dan 110° BT di ujung pantai utara Jawa Tengah termasuk dalam wilayah Kecamatan Semarang Utara Kota Semarang. Luas Wilayah Pelabuhan Tanjung Emas Semarang adalah 178.638 ha yang terdiri dari ±178.000 ha sebagai daerah perairan laut dan ±638 ha sebagai daerah daratan.<sup>40</sup>



sebanyak 270 unit kapal barang dengan rata-rata kedatangan tiap bulan sebanyak 23 kapal sedangkan untuk kedatangan kapal penumpang di Pelabuhan Tanjung Emas pada periode tahun 2015 sebanyak 140 unit kapal penumpang barang dengan rata-rata kedatangan tiap bulan sebanyak 11 kapal. Jumlah total keseluruhan kapal barang dan kapal penumpang di Pelabuhan Tanjung Emas pada periode tahun 2015 adalah 410 unit

kapal dengan rata-rata kedatangan tiap bulan sebanyak 34 kapal.

Gambar 2. Data Kedatangan Kapal tahun 2016

Tahun 2016 sebanyak 58 unit kapal barang dengan rata-rata kedatangan tiap bulan sebanyak 14 kapal sedangkan untuk kedatangan kapal penumpang di Pelabuhan Tanjung Emas pada periode tahun 2016 sebanyak 84 unit kapal penumpang barang dengan rata-rata kedatangan tiap bulan sebanyak 21 kapal. Jumlah total keseluruhan kapal barang dan kapal penumpang di Pelabuhan Tanjung Emas pada periode tahun 2015 adalah 142 unit kapal dengan rata-rata kedatangan tiap bulan sebanyak 35 kapal.

### B. Gambaran Umum Sampel

Sampel air *ballast* laut yang diambil dalam penelitian ini didapatkan dari kapal barang sejumlah 25 sumber air *ballast* kapal (83,3%) dan kapal penumpang sejumlah lima sumber air *ballast* kapal (16,7%).

30 jumlah sampel air *ballast* yang diambil dalam penelitian ini memiliki sumber air *ballast* yang berbeda-beda. Sumber air *ballast* kapal paling banyak berasal dari Laut Jawa yaitu sejumlah 9 sumber (30%) kemudian Laut Sulawesi dan Laut Sorong yang masing-masing berjumlah 5 sumber (16,7%) lalu dari Selat



Bangka, Laut Natuna, dan Laut Kapuas masing-masing sebanyak 2 sumber (6,67%) dan dari Makassar, Belawan, Tanjung Perak, Jakarta dan Batu Licin masing-masing 1 sumber (3,3%).

Pada Penelitian ini terdapat 13 kapal (43,3%) yang memiliki nomor IMO dengan rincian 8 kapal barang dan 5 kapal penumpang. Diketahui pula bahwa 17 kapal (56,7%) yang kesemuanya merupakan kapal barang tidak memiliki nomor IMO. *Internasional Maritime Organization* (IMO) merupakan Badan Internasional yang mengatur peraturan terkait pengelolaan pembuangan air *ballast* pada Konvensi Internasional untuk Pengendalian dan Pengelolaan Air *Ballast*.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa terdapat 22 kapal (73,3%) yang berumur di bawah 30 tahun dengan rincian 18 kapal barang dan 4 kapal penumpang. Diketahui pula bahwa terdapat 8 kapal (26,7%) yang berumur di atas 30 tahun dengan rincian 7 kapal barang dan 1 kapal penumpang.

Penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar sampel air *ballast* yang diambil dalam penelitian ini berwarna coklat keruh yaitu sejumlah 13 sampel (60,0%) dan dari 30 sampel air *ballast* yang diambil 29 sampel (60,0%) memiliki bau tajam yang terdiri dari 24 sampel air *ballast* kapal barang dan 5 sampel kapal penumpang

dan 1 sampel kapal barang (3,3%) tidak berbau. Warna coklat keruh dan bau tajam logam berat pada sampel air *ballast* yang diambil menunjukkan bahwa sebagian besar sampel air *ballast* kapal barang dan kapal penumpang yang diambil telah terkontaminasi dengan korosi yang terjadi dibagian *mainhole*

Penelitian ini juga mengambil sampel air laut untuk mengetahui kandungan kadmium pada air laut di dermaga yang digunakan sebagai tempat untuk bersandar kapal yang membuang air *ballast* dengan hasil dermaga Dwitama berada di atas ambang batas (0,065mg/l) dan di bawah ambang batas untuk dermaga Nusantara (0,001mg/l) dan dermaga Samudra (0,002 mg/l) sesuai dengan ketentuan pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut yaitu 0,01 mg/l.

Rendahnya kadar kadmium dalam air laut dapat disebabkan karena sebagian besar logam berat termasuk kadmium yang berasal dari lingkungan umumnya telah terendapkan di dasar laut. Penelitian Rochyatun dkk (2006) melaporkan bahwa logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan.<sup>10</sup>

### **C. Kadar Kadmium Air *Ballast* Kapal**

Kadar kadmium air *ballast* kapal di Pelabuhan Tanjung

Emas paling rendah 1,076 mg/l, kadar paling tinggi 2,457 mg/l dan rata-rata sebesar 1,787 mg/l. Hasil pemeriksaan kadar kadmium pada seluruh 30 sampel air *ballast* kapal yang diambil dalam penelitian ini berada di atas nilai ambang batas yang telah ditetapkan pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair yaitu 0,05 mg/l.

Pengujian kadar kadmium berdasarkan jenis kapal pada penelitian ini juga menunjukkan bahwa kapal jenis penumpang memiliki nilai rata-rata kadar kadmium 1,843 mg/l lebih besar jika dibandingkan dengan nilai rata-rata kadar kadmium kapal jenis barang yaitu 1,639 mg/l dimana kadar kadmium paling tinggi ditemukan pada kapal barang

Hasil pengukuran metode SSA juga menunjukkan pada kapal dengan umur di atas 30 tahun mempunyai rata-rata kadar kadmium 1,814 mg/l lebih besar jika dibandingkan rata-rata kadar kadmium pada kapal dengan umur di bawah 30 tahun yaitu 1,617 mg/l.

#### D. Debit Limbah Air *Ballast* Kapal

Hasil penelitian yang dilakukan pada kapal barang dan penumpang yang bersandar di pelabuhan Tanjung Emas Semarang, diketahui dari 30 sampel air *ballast* kapal yang diuji kadar kadmium air *ballast*

kapal di sekitar Pelabuhan Tanjung Emas diketahui debit limbah air *ballast* kapal di Pelabuhan Tanjung Emas paling rendah 1,00 m<sup>3</sup>/jam, kadar paling tinggi 350 m<sup>3</sup>/jam dan rata-rata sebesar 61,27 m<sup>3</sup>/jam.

#### E. Beban Pencemaran Kadmium Air *Ballast* Kapal

Hasil penelitian yang dilakukan diketahui bahwa beban pencemar air *ballast* kapal dari 30 sampel kapal barang dan kapal penumpang di Pelabuhan Tanjung Emas paling rendah adalah 0,002 kg/hari, kadar paling tinggi 0,782 kg/hari dan rata-rata sebesar 0,101 kg/hari.

Tabel.1 Tingkat Kadar Kadmium, Debit Limbah dan Beban Pencemaran Air *Ballast* Kapal

Variabel	N	Max	Min	Mean
Kadmium (mg/l)	30	2,457	1,076	1,787
Debit Limbah m <sup>3</sup> /detik	30	350	1,00	61,27
Beban Pencemaran (kg/hari)	30	0,782	0,002	0,101

Sebanyak 28 dari 30 sampel kapal barang dan kapal penumpang juga memiliki nilai beban pencemaran yang lebih besar dibanding nilai beban pencemaran rata-rata yaitu 0,003 kg/hari.

Perhitungan beban pencemar berdasarkan jenis kapal pada penelitian ini menunjukkan bahwa kapal jenis penumpang memiliki

nilai rata-rata beban pencemar 0,276 kg/hari lebih besar jika dibandingkan dengan nilai rata-rata beban pencemar kapal jenis barang yaitu 0,067 kg/hari

Nilai beban pencemar kadmium di Pelabuhan Tanjung Emas tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan Pelabuhan Sunda Kelapa Teluk Jakarta, dimana Teluk Jakarta merupakan teluk yang paling tercemar di Asia akibat limbah industri dan rumah tangga dengan nilai beban pencemar kadmium tertinggi yakni 0,151 kg/hari.<sup>11</sup>

Hal ini menjadi masalah tersendiri untuk kelangsungan hidup biota air laut seperti kerang dan ikan lainnya, yang juga dimanfaatkan sebagai bahan konsumsi oleh masyarakat.

Tingginya beban pencemaran kadmium dari air *ballast* kapal ini juga dipengaruhi faktor banyaknya jumlah dan umur kapal barang dan kapal penumpang. Penelitian Luky Sembel pada tahun 2012 tentang analisis beban pencemar di Sungai Belau Teluk Lampung yang melaporkan bahwa banyaknya kapal-kapal nelayan yang membersihkan kapal dan membuang air saat berlabuh juga menyebabkan kualitas perairan semakin menurun dan tingginya nilai beban pencemar di perairan tersebut.<sup>11</sup>

Kapal dengan umur di atas 30 tahun mempunyai nilai rata-rata beban pencemar sebesar 0,127

kg/hari lebih besar dibandingkan nilai rata-rata beban pencemaran pada kapal dengan umur di bawah 30 tahun yaitu 0,112 kg/hari.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisis beban pencemaran logam berat Kadmium dari air *ballast* kapal barang dan penumpang terhadap kualitas air laut di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang, Jawa Tengah dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Jumlah kedatangan kapal di Pelabuhan Tanjung Emas pada Tahun 2015 (bulan Januari hingga bulan Desember) adalah sebanyak 410 unit kapal sedangkan pada Tahun 2016 (bulan Januari sampai dengan bulan April) adalah sebanyak 142 unit kapal.
2. Jumlah sampel air *ballast* kapal paling banyak berasal dari daerah Laut Jawa sejumlah sejumlah 9 (30%) kemudian Laut Sulawesi dan Laut Sorong yang masing-masing berjumlah 5 sumber (16,7%) lalu dari Selat Bangka, Laut Natuna, dan Laut Kapuas masing-masing sebanyak 2 sumber (6,67%) dan dari Makassar, Belawan, Tanjung Perak, Jakarta dan Batu Licin masing-masing 1 sumber (3,3%).
3. Kadar kadmium air *ballast* kapal di sekitar Pelabuhan Tanjung Emas paling rendah 1,076 mg/l, kadar paling tinggi 2,457 mg/l

dan rata-rata sebesar 1,787 mg/l dengan semua 30 (100%) sampel berada di atas nilai ambang batas yaitu 0,05 mg/l.

4. Kadar kadmium air laut ketiga dermaga yang diambil dalam penelitian ini terdiri dari dua kategori yaitu di atas nilai ambang batas untuk dermaga Dwitama (0,065mg/l) dan di bawah ambang batas untuk dermaga Nusantara (0,001mg/l) dan dermaga Samudra (0,002 mg/l) dengan nilai ambang batas yaitu 0,01 mg/l.
5. Debit limbah air *ballast* kapal di Pelabuhan Tanjung Emas paling rendah 1,00 m<sup>3</sup>/jam, kadar paling tinggi 350 m<sup>3</sup>/jam dan rata-rata sebesar 61,27 m<sup>3</sup>/jam.
6. Hasil penelitian yang dilakukan menemukan bahwa beban pencemar air *ballast* kapal dari 30 sampel kapal barang dan kapal penumpang di Pelabuhan Tanjung Emas beban pencemar paling rendah adalah 0,002 kg, kadar paling tinggi 0,782 kg/hari dan rata-rata sebesar 0,101 kg/hari.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Nontji, A. *Laut Nusantara*. Jakarta: PT. Djambatan. 2009.
2. Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan (PUSARPEDAL). *Pemantauan Kualitas Air Laut Di Indonesia*. Kementerian Lingkungan Hidup: Deputi Bidang Pembinaan Sarana Teknis Lingkungan dan Peningkatan Kapasitas. 2011.
3. IMO Resolution MEPC. "Guidelines for Ballast Water Management and Development of Ballast Water Management Plans (G4)". 2005.
4. Gregg M, Rigby G, Hallegraeff M. "Review of two decades of progress in the development of management options for reducing or eradicating phytoplankton, zooplankton and bacteria in ship's ballast water". *Aquatic Invasions*. 2009;4 (3), 521 -565.
5. Bidang Lalu Lintas KSOP. *Data Kedatangan Kapal tahun 2013-2015*. Semarang. Kantor Syahbandar dan Operasional Pelabuhan Kelas I Tanjung Emas Semarang. 2015.
6. Bidang Keselamatan dan Pelayaran Pelabuhan. *Data Pelabuhan Asal Kedatangan Kapal tahun 2015*. Semarang. Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Kelas I Tanjung Emas Semarang. 2015.
7. Rifaul Qulub. *Studi Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd) pada Air Balas Kapal Barang dan Penumpang serta Kualitas Air Laut di Wilayah Pelabuhan*

- Tanjung Emas Negeri Papua. 2012, 4,  
Semarang. Jurnal (2), 178-183.  
Kesehatan Lingkungan .  
Semarang. Fakultas  
Kesehatan Masyarakat.  
Universitas Diponegoro.  
2013.
8. Sasono, Eko Julianto.  
*Efektivitas Penggunaan  
Anoda Korban Paduan  
Aluminium Pada Pelat  
Baja Kapal Aisi E 2512  
Terhadap Laju Korosi Di  
Dalam Media Air Laut.*  
Semarang. Program  
Studi Magister Teknik  
Mesin. Program  
Pascasarjana  
Universitas Diponegoro.  
2010.
9. Wulandari, S.Y.,  
Yulianto, B., Santosa,  
G.W. & Suwartimah, K.  
*Kandungan Logam  
Berat Hg dan Cd dalam  
Air, Sedimen dan  
Kerang Darah (anadara  
granossa)  
Menggunakan Metode  
Analisis Pengaktifan  
Aneutron (APN).* Ilmu  
Kelautan. 2009;14 (3),  
70-175.
10. Rochyatun, E., Kaisupy,  
M., T., dan Rozak, A.  
*Distribusi Logam Berat  
Dalam Air dan Sedimen  
di Perairan Muara  
Sungai Cisadane,*  
Makara Sains.  
2006;(10) 35-40.
11. Sembel, Luky. *Analisis  
Beban Pencemar dan  
Kapasitas Asimilasi di  
Estuari Sungai Belau  
Teluk Lampung.* Jurnal  
Jurusan Ilmu Kelautan  
Fakultas Peternakan  
Perikanan dan Ilmu  
Kelautan. Universitas