

Volume 2 Nomor 1  
Agustus 2019  
ISSN 2654-5683

# JURNAL TEKNOLOGIA

Aliansi Perguruan Tinggi (APERTI) BUMN

PRODUKSI DAN KARAKTERISASI SILIKA SEBAGAI MATERIAL MULTIFUNGSI DARI LIMBAH JAGUNG

**Ayu Dahlianti, Ika Dyah Widharyanti, Catia Angli Curie**

---

PENGATURAN TORSI PADA HYBRID ELECTRIC VEHICLE (HEV) MENGGUNAKAN METODE NEURO-FUZZY PREDIKTIF

**Aulia Rahma Annisa, Wahyu Kunto Wibowo, Nita Indriani Pertiwi**

---

STUDI KELAYAKAN EKONOMI PENGEMBANGAN APLIKASI PEMINJAMAN RUANGAN DI UNIVERSITAS PERTAMINA

**Meredita Susanty, M. Rizky Widyayulianto, M. Deta Aditya, Fitri Karimah, Akhmal Rizkyanto, Marrosandy Bagus S**

---

PREDIKSI LAJU PENETRASI PENGEBORAN MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN

**Raka Sudira Wardana, Bastian Andoni, Fadhil Rhisnanda**

---

RUMUSAN KONSEPTUAL NERACA MASSA SEBAGAI ALTERNATIF UNTUK MONITORING LAJU MASSA PRODUKSI DI TITIK SEPARATOR FLUIDA DUA FASA PANASBUMI

**Basith Furqon Prasetyo Hadi**

---

STUDI PROSES AGREGASI AIR DALAM BAHAN BAKAR DIESEL MENGGUNAKAN SIMULASI DINAMIKA MOLEKUL COARSE GRAIN

**Khabib Khumaini, Mohammad Koyimatu, Tegar Nurwahyu Wijaya**

---

PENGARUH EARNING PER SHARE (EPS), PRICE EARNING RATIO (PER) DAN PRICE BOOK VALUE (PBV) TERHADAP HARGA SAHAM EMITEN PERBANKAN INDEKS LQ45

DI BURSA EFEK INDONESIA TAHUN 2013- 2017

**Elan Nurhadi P, Suhari Pranyoto**

---

KLASIFIKASI GIGITAN ULAR MENGGUNAKAN LOCAL BINARY PATTERN DAN NAÏVE BAYES

**Fathur Rohman, Adiwijaya, Dody Qori Utama**

---

PERBANDINGAN PEMBOBOTAN UNTUK KLASIFIKASI TOPIK BERITA MENGGUNAKAN DECISION TREE

**Henri Tantyoko, Adiwijaya, Untari Novia Wisesty**

---

PENANGANAN GANGGUAN LISTRIK RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN ALGORITMA GREEDY UNTUK PENENTUAN JARAK OPTIMAL

**Ayu Fadhilah Prianty, Riki Ruli A. Siregar, Rakhmat Arianto**

# PENGELOLA JURNAL TEKNOLOGIA

## **Penanggung Jawab**

Akhmaloka (Universitas Pertamina)

Adiwijaya (Telkom University)

Herman Sasongko (UISI)

Rachmawati Wangsaputra (Sekolah Tinggi Manajemen Logistik)

Supriadi Legino (Sekolah Tinggi Teknik-PLN)

## **Pemimpin Umum**

Budi Widjaja Soetjipto (Universitas Pertamina)

## **Ketua Editor**

Ahmad Rusdiansyah (Universitas Internasional Semen Indonesia)

## **Editor Pelaksana**

Riki Ruli Affandi Siregar (Sekolah Tinggi Teknik-PLN) - Ketua  
Anindita Adikaputri Vinaya (Universitas Internasional Semen Indonesia)

Betanti Ridhosari (Universitas Pertamina)

Tulus Martua Sihombing (Sekolah Tinggi Manajemen Logistik)

Juli Catur Prasetiawan (Telkom University)

## **Mitra Bestari**

Melia Eka Lestiani (Sekolah Tinggi Manajemen Logistik)

Rina Pudji Astuti (Telkom University)

Sely Karmila (Sekolah Tinggi Teknik-PLN)

Ichsan Setya Putra (Universitas Pertamina)

Dadan Rahadian (Telkom University)

Tjiptohadi Sawarjuwono (Universitas Semen Indonesia)

Chandra Dewi (Sekolah Tinggi Manajemen Logistik)

Luqman (Sekolah Tinggi Teknik-PLN)

## **Editor Tata Letak**

Khansa Annisa (Universitas Pertamina)

## **RALAT**

Terdapat kesalahan penomoran Jurnal Teknologia pada Bulan Februari 2019, yang tertulis sebagai Volume 2 No. 1 Februari 2019. Penomoran yang seharusnya adalah Volume 1 No. 2 Februari 2019. Dengan demikian, kesalahan tersebut telah diperbaiki.

# JURNAL TEKNOLOGIA

Aliansi Perguruan Tinggi (APERTI) BUMN

---

Vol. 2, No. 1, Agustus 2019, ISSN 2654-5683

---

	<b>KATA PENGANTAR</b>	i
1.	<b>PRODUKSI DAN KARAKTERISASI SILIKA SEBAGAI MATERIAL MULTIFUNGSI DARI LIMBAH JAGUNG</b> <i>Ayu Dahliyanti</i> <i>Ika Dyah Widharyanti</i> <i>Catia Angli Curie</i>	1
2.	<b>PENGATURAN TORSI PADA <i>HYBRID ELECTRIC VEHICLE</i> (HEV) MENGGUNAKAN METODE <i>NEURO-FUZZY</i> PREDIKTIF</b> <i>Aulia Rahma Annisa</i> <i>Wahyu Kunto Wibowo</i> <i>Nita Indriani Pertiwi</i>	11
3.	<b>STUDI KELAYAKAN EKONOMI PENGEMBANGAN APLIKASI PEMINJAMAN RUANGAN DI UNIVERSITAS PERTAMINA</b> <i>Meredita Susanty</i> <i>M. Rizky Widyayulianto</i> <i>M. Deta Aditya</i> <i>Fitri Karimah</i> <i>Akhmal Rizkyanto</i> <i>Marrosandy Bagus S</i>	24
4.	<b>PREDIKSI LAJU PENETRASI PENGEBORAN MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN</b> <i>Raka Sudira Wardana</i> <i>Bastian Andoni</i> <i>Fadhil Rhisnanda</i>	36
5.	<b>RUMUSAN KONSEPTUAL NERACA MASSA SEBAGAI ALTERNATIF UNTUK MONITORING LAJU MASSA PRODUKSI DI TITIK SEPARATOR FLUIDA DUA FASA PANASBUMI</b> <i>Basith Furqon Prasetyo Hadi</i>	47

6.	<b>STUDI PROSES AGREGASI AIR DALAM BAHAN BAKAR DIESEL MENGGUNAKAN SIMULASI DINAMIKA MOLEKUL COARSE GRAIN</b> <i>Khabib Khumaini</i> <i>Mohammad Koyimatu</i> <i>Tegar Nurwahyu Wijaya</i>	59
7.	<b>PENGARUH EARNING PER SHARE (EPS), PRICE EARNING RATIO (PER) DAN PRICE BOOK VALUE (PBV) TERHADAP HARGA SAHAM EMITEN PERBANKAN INDEKS LQ45 DI BURSA EFEK INDONESIA TAHUN 2013- 2017</b> <i>Elan Nurhadi P</i> <i>Suhari Pranyoto</i>	68
8.	<b>KLASIFIKASI GIGITAN ULAR MENGGUNAKAN LOCAL BINARY PATTERN DAN NAÏVE BAYES</b> <i>Fathur Rohman</i> <i>Adiwijaya</i> <i>Dody Qori Utama</i>	85
9.	<b>PERBANDINGAN PEMBOBOTAN UNTUK KLASIFIKASI TOPIK BERITA MENGGUNAKAN <i>DECISION TREE</i></b> <i>Henri Tantyoko</i> <i>Adiwijaya</i> <i>Untari Novia Wisesty</i>	97
10.	<b>PENANGANAN GANGGUAN LISTRIK RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN ALGORITMA <i>GREEDY</i> UNTUK PENENTUAN JARAK OPTIMAL</b> <i>Ayu Fadhillah Prianty</i> <i>Riki Ruli A. Siregar</i> <i>Rakhmat Arianto</i>	114
	<b>PETUNJUK PENGAJUAN ARTIKEL</b>	134

## KATA PENGANTAR

Para penulis dan pembaca Jurnal Teknologi yang terhormat, Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas perkenan-Nya kami dapat menerbitkan Edisi Kedua Jurnal Teknologi Volume 2 Nomor 1, Agustus 2019. Jurnal Teknologi merupakan bagian dari Aliansi Perguruan Tinggi Badan Usaha Milik Negara (APERTI BUMN), adalah jurnal keilmuan yang merupakan produk kolaborasi dari lima (5) Perguruan Tinggi yang tergabung dalam APERTI BUMN, yaitu Universitas Pertamina, Telkom University, Universitas Internasional Semen Indonesia, Sekolah Tinggi Teknik-PLN dan Sekolah Tinggi Manajemen Logistik. Jurnal Teknologi mencakup semua bidang ilmu yaitu bidang Sains, Teknologi, maupun Sosial.

Dalam edisi ini disajikan 10 (sepuluh) tulisan yang merupakan hasil kajian maupun penelitian dari para akademisi, peneliti maupun praktisi yang meliputi: (1) Produksi dan Karakterisasi Silika sebagai Material Multifungsi dari Limbah Jagung; (2) Pengaturan Torsi pada Hybrid Electric Vehicle (HEV) Menggunakan Metode Neuro-Fuzzy Prediktif; (3) Studi Kelayakan Ekonomi Pengembangan Aplikasi Peminjaman Ruangan di Universitas Pertamina; (4) Prediksi Laju Penetrasi Pengeboran Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan; (5) Rumusan Konseptual Neraca Massa sebagai Alternatif untuk Monitoring Laju Massa Produksi di Titik Separator Fluida Dua Fasa Panasbumi; (6) Studi Proses Agregasi Air dalam Bahan Bakar Diesel Menggunakan Simulasi Dinamika Molekul Coarse Grain; (7) Pengaruh Earning Per Share (Eps), Price Earning Ratio (Per) dan Price Book Value (Pbv) Terhadap Harga Saham Emiten Perbankan Indeks LQ45 di Bursa Efek Indonesia Tahun 2013- 2017; (8) Klasifikasi Gigitan Ular Menggunakan Local Binary Pattern dan Naïve Bayes; (9) Perbandingan Pembobotan untuk Klasifikasi Topik Berita Menggunakan Decision Tree; (10) Penanganan Gangguan Listrik Rumah Tangga Menggunakan Algoritma Greedy untuk Penentuan Jarak Optimal.

Terima kasih kami sampaikan kepada para penulis dan fungsional lain yang telah berpartisipasi mengirimkan tulisan untuk kelangsungan jurnal ini. Kami berharap hasil penelitian yang dipublikasikan pada Jurnal Teknologi edisi kedua ini dapat memberikan informasi bermanfaat bagi para pembaca. Saran dan kritik demi penyempurnaan terbitan selanjutnya sangat kami harapkan, serta semoga kerjasama yang telah berjalan dapat ditingkatkan.

Jakarta,  
Agustus 2019  
Salam

**Redaksi**

## PRODUKSI DAN KARAKTERISASI SILIKA SEBAGAI MATERIAL MULTIFUNGSI DARI LIMBAH JAGUNG

*Ayu Dahliyanti, Ika Dyah Widharyanti, dan Catia Angli Curie*

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pertamina, Jakarta 12220, Indonesia

E-mail: [ayu.dahliyanti@universitaspertamina.ac.id](mailto:ayu.dahliyanti@universitaspertamina.ac.id) (corresponding author)

### **ABSTRACT**

*In order to prevent negative environmental impact, high volume of waste generated from corn processing needs to be transformed into a more valuable product. Based on the mineral composition of corn plant, this waste could become a potential source of silica, a multifunctional material with applications in various fields, such as semiconductor, adsorbent technology, catalysis, and lithium ion battery. In this work, corn husks, cobs, and stalks is processed through leaching at various HCl concentration, followed by atmospheric decomposition at moderate temperature to obtain silica for further suitable application. Morphological characteristic is analyzed by SEM images, crystallinity of silica is determined by XRD, while purity and possible organic contaminants are investigated by FTIR. The result shows that corn husks provide the highest silicon dioxide yield at 2.543 wt.%. Powders obtained from corn husks also indicate a higher purity with insignificant metallic or organometallic contaminants, showing closest crystal structure to the mixture of quartz and amorphous phase.*

**Keywords:** Corn waste, silica, leaching.

### **ABSTRAK**

*Untuk mencegah timbulnya permasalahan lingkungan, limbah jagung yang melimpah jumlahnya di Indonesia perlu dimanfaatkan menjadi produk bernilai tinggi. Berdasarkan potensi kandungan mineral yang ada di tanaman jagung, limbah tersebut berpotensi sebagai sumber silika yang merupakan material multifungsi dengan pengaplikasian di berbagai bidang mulai dari semikonduktor, adsorben, katalisis, hingga baterai lithium ion. Pada studi ini, limbah yang berasal dari beberapa bagian tanaman jagung (kulit tongkol, bonggol, dan batang) diproses menjadi silika melalui metode leaching dengan HCl pada berbagai konsentrasi yang dilanjutkan dengan pemanasan pada suhu moderat. Silika yang diperoleh kemudian dikarakterisasi morfologinya menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM), ditentukan kristalinitas dengan X-ray diffraction (XRD), serta diperiksa tingkat kemurnian dan kandungan pengotor organiknya dengan Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kulit tongkol jagung memiliki yield silika tertinggi yaitu sebesar 2,543 % massa. Silika dari tongkol jagung juga memiliki kemurnian tinggi dengan struktur kristal yang merupakan paduan antara amorf dan quartz.*

**Kata kunci:** Limbah jagung, silika, leaching.

## 1. PENDAHULUAN

Jagung merupakan salah satu komoditi pangan strategis dan sumber karbohidrat terbesar kedua setelah beras. Jagung umumnya digunakan sebagai bahan baku industri pangan atau pakan hewan. Pada tahun 2015, produksi jagung di Indonesia mencapai 19,6 juta ton pipilan kering [1]. Namun pada tahun yang sama Indonesia masih harus mengimpor sebanyak 1,6 juta ton [2]. Pemerintah pun telah menargetkan peningkatan produksi jagung untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, yang dibuktikan dengan perluasan area panen jagung sebesar 15,85% di tahun 2016 [3]. Besarnya konsumsi jagung nasional berimbas terhadap tingginya volume limbah jagung yang dihasilkan, mengingat dari seluruh bagian tanaman hanya pipilan atau kernel yang dikonsumsi. Sisa tanaman mayoritas menjadi limbah yang jumlahnya diestimasi mencapai 87,5 juta ton per tahun [4].

Dalam klasifikasi tanaman, jagung tergolong dalam orde Poales dan keluarga Poaceae/ Gramineae. Orde Poales diketahui memiliki kandungan silikon rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan tumbuhan monokotil lainnya [5]. Silikon dalam tanaman tersimpan dalam bentuk mineral silika yang berukuran 100 nm hingga 200 nm [6]. Dalam keluarga Poaceae/ Gramineae, silika terdeposisi di berbagai bagian tanaman, seperti sekam atau kulit tongkol, bonggol, batang, dan akar [5,7,8].

Sejumlah peneliti telah berhasil mengekstraksi senyawa silika atau silikon dari tanaman di keluarga Poaceae/ Gramineae untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang, antara lain sebagai semikonduktor, *catalyst support*, adsorben, dan anoda baterai litium ion. Sekam padi, yang memiliki kandungan silikon hingga 10% massa kering, merupakan salah satu objek riset yang populer [8]. Material yang berhasil disintesis dari sekam padi antara lain silikon karbida (SiC) melalui metode pirolisis [9], superfine silika melalui metode hidrolisis [10], nanopartikel silikon menggunakan metode leaching [11], dan zeolit NaY melalui metode perlakuan asam dan kalsinasi [12]. Nanopartikel silikon juga diperoleh dari anggota keluarga Poaceae/ Gramineae lainnya, yaitu tanaman tebu, melalui perlakuan asam dan pemanasan yang dilanjutkan dengan iradiasi gelombang mikro [13]. Di sisi lain, studi terkait fabrikasi silika atau silikon yang bersumber dari limbah jagung masih sangat jarang, dengan pengecualian riset yang dilakukan oleh Velmurugan dkk. untuk ekstraksi silika amorf dari bonggol jagung dengan metode sol-gel [14].

Dalam studi ini, limbah jagung yang bersumber dari beberapa bagian tanaman yaitu kulit tongkol, bonggol, dan batang akan ditransformasi menjadi silika yang bernilai ekonomi lebih tinggi. Hasil eksperimen akan dibandingkan untuk

mengetahui bagian tanaman jagung yang memiliki *yield* dan tingkat kemurnian silika tertinggi, serta aplikasi yang paling sesuai untuk silika dengan morfologi serta struktur kristal yang didapatkan.

## 2. MATERIAL DAN METODOLOGI

### 2.1 Material

Kulit tongkol, bonggol, dan batang tanaman jagung diperoleh dari petani di Pati, Jawa Tengah. HCl pekat (Merck) dan aquadest digunakan dalam proses *leaching*.

### 2.2 Metodologi

#### *Fabrikasi silika dari limbah jagung*

Kulit tongkol, bonggol, dan batang tanaman jagung yang telah digiling dengan massa masing-masing 3 g dicampurkan ke dalam 45 mL HCl 10% selama 2 jam untuk menghilangkan ion-ion logam melalui mekanisme *leaching*. Hasil proses *leaching* kemudian dicuci menggunakan aquadest dan disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm, dilanjutkan dengan pengeringan pada suhu 80°C. Sampel kemudian dipanaskan dalam *furnace* atmosferik bersuhu 700°C selama 2 jam dengan atau tanpa *temperature ramp rate* sebesar 5°C per menit untuk mendekomposisi material organik yang tidak diinginkan. Bubuk silika yang diperoleh kemudian dikarakterisasi lebih lanjut.

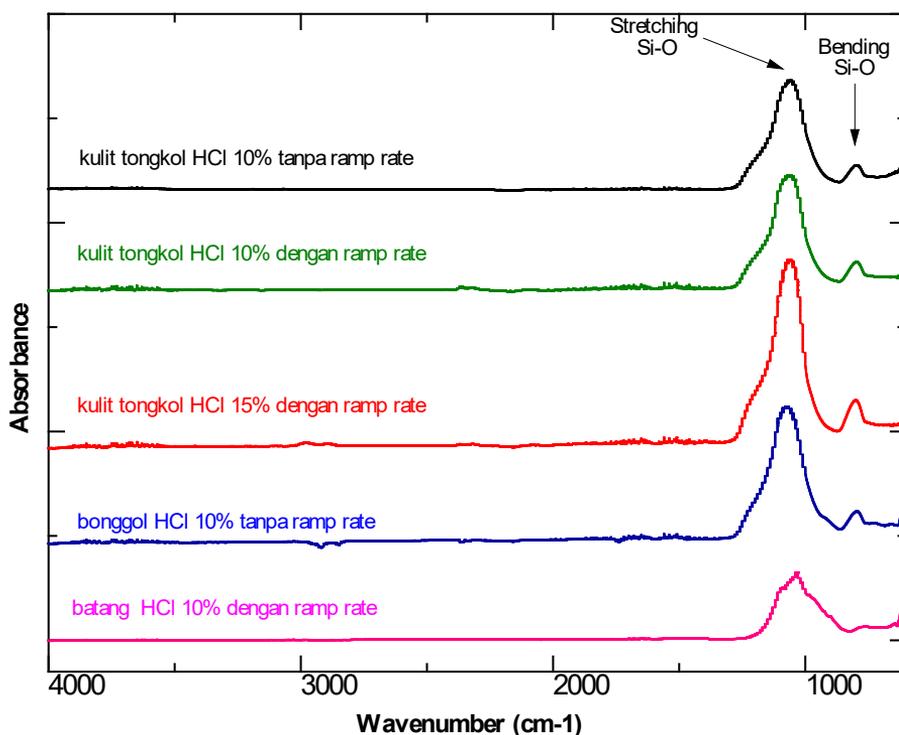
#### *Karakterisasi Material*

Struktur kristal material diinvestigasi berdasarkan pola difraksi X-ray (XRD, Rigaku, Ultima IV) dengan radisi Cu-K $\alpha$  pada tegangan 40 kV dan arus 30 mA. Spektra XRD dipindai dari sudut 5° sampai dengan 90° dengan *scan rate* 5° per menit. Morfologi sampel dianalisis menggunakan *scanning electron microscope* (SEM, Hitachi SU 3500). Tingkat kemurnian silika dan potensi kontaminasi senyawa organik diperiksa menggunakan *Fourier-transform infrared spectroscopy* (FTIR, Thermo Scientific iS 5) dengan *wavenumber* 500 sampai 4000 cm<sup>-1</sup>.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektra FTIR (Gambar 1) sampel yang berasal dari kulit tongkol dan bonggol mengkonfirmasi berhasilnya fabrikasi silika sebagaimana ditunjukkan oleh puncak karakteristik Si-O *stretching* pada 1050 cm<sup>-1</sup> dan Si-O *bending* pada 791 cm<sup>-1</sup>. Sampel tersebut juga memiliki kemurnian yang baik, disimpulkan dari tidak ditemukannya puncak yang mewakili kontaminan senyawa organik lain. Di

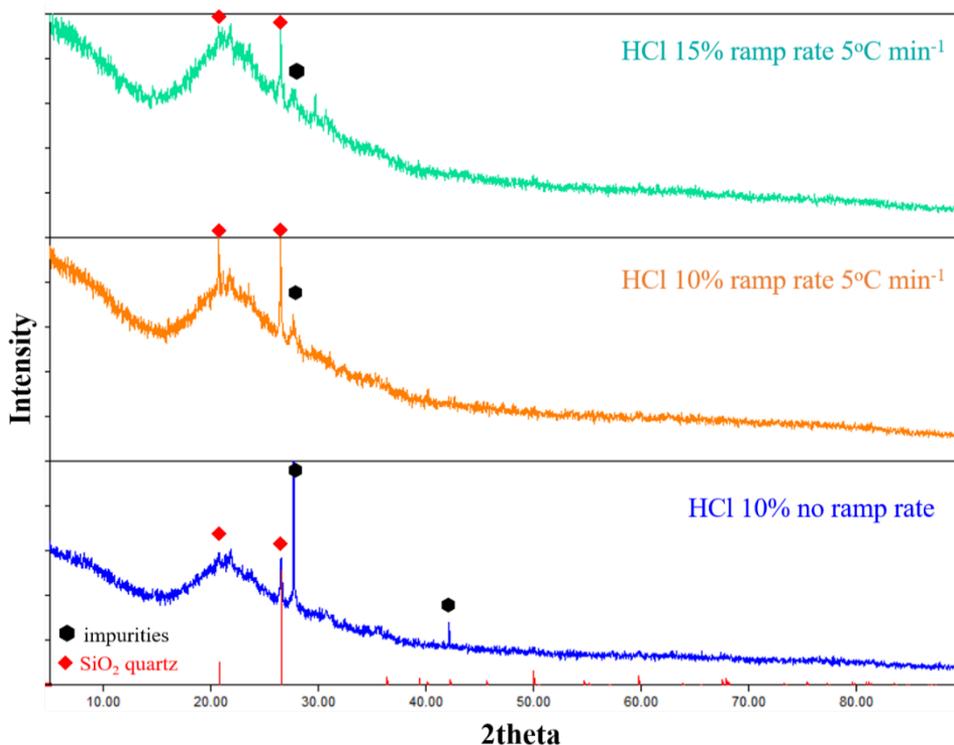
sisi lain, sampel yang berasal dari batang jagung tidak menunjukkan puncak karakteristik silika yang jelas. Hal ini disebabkan oleh keberadaan kontaminan organik atau metalorganik, yang dapat dikonfirmasi dari pola XRD di Gambar 3. Struktur batang jagung yang tebal kemungkinan menyebabkan proses *leaching* tidak berlangsung sempurna, sehingga dibutuhkan konsentrasi HCl yang lebih tinggi.



**Gambar 1.** Spektra FTIR seluruh sampel setelah proses leaching dengan HCl dan pemanasan pada suhu 700°C.

Struktur kristal dan keberadaan kontaminan logam pada sampel silika yang diperoleh dari kulit tongkol jagung dianalisis menggunakan difraksi X-ray (Gambar 2). Mayoritas sampel silika memiliki kombinasi struktur kristal amorf dan quartz (ICDD 96-900-5020) dengan kontaminan logam yang tidak signifikan. Transformasi struktur kristal dari amorf ke quartz terjadi akibat pemanasan pada suhu 700°C. Kontaminan logam yang teridentifikasi merupakan residu dari proses *leaching* yang kurang sempurna. Ketika konsentrasi HCl ditingkatkan dari 10%

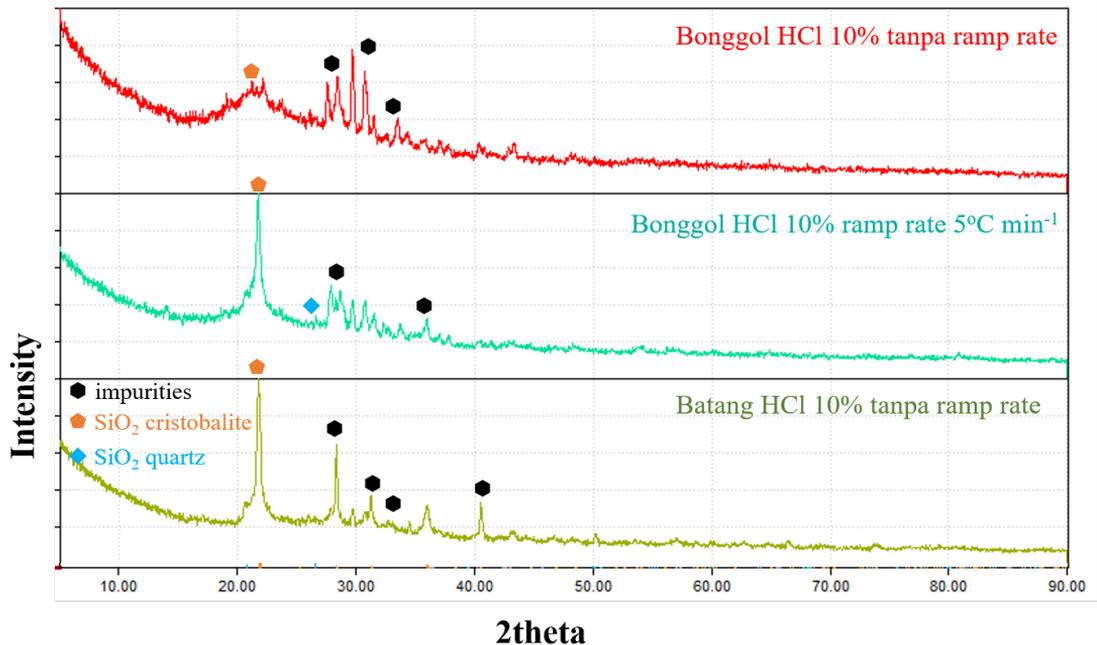
ke 15%, kadar kontaminan logam berkurang, dibuktikan dengan makin samarnya puncak karakteristik untuk kontaminan tersebut. Kristalinitas silika meningkat saat pemanasan dilakukan dengan *temperature ramp rate*, ditunjukkan dengan penajaman puncak karakteristik silika quartz.



**Gambar 2.** Pola XRD sampel dari kulit tongkol setelah proses leaching dengan HCl dan pemanasan pada suhu 700°C.

Sementara itu, pola XRD sampel silika yang berasal dari bonggol dan batang disajikan pada Gambar 3. Silika yang didapatkan dari bonggol secara umum memiliki struktur amorf, dengan sejumlah kecil paduan struktur *crystobalite* (ICDD 96-900-8230). Pemanasan yang dilakukan dengan *temperature ramp rate* juga terbukti dapat meningkatkan kristalinitas sampel silika. Sementara itu, silika yang terdeteksi dari batang memiliki struktur *crystobalite*. Dari kedua sampel ini belum didapatkan silika dengan kemurnian tinggi, ditunjukkan dengan terdeteksinya puncak-puncak lain selain puncak karakteristik silika. Seperti yang

dibahas sebelumnya, hal ini mengindikasikan perlunya konsentrasi asam yang lebih tinggi untuk menyempurnakan proses *leaching* di bonggol dan batang.



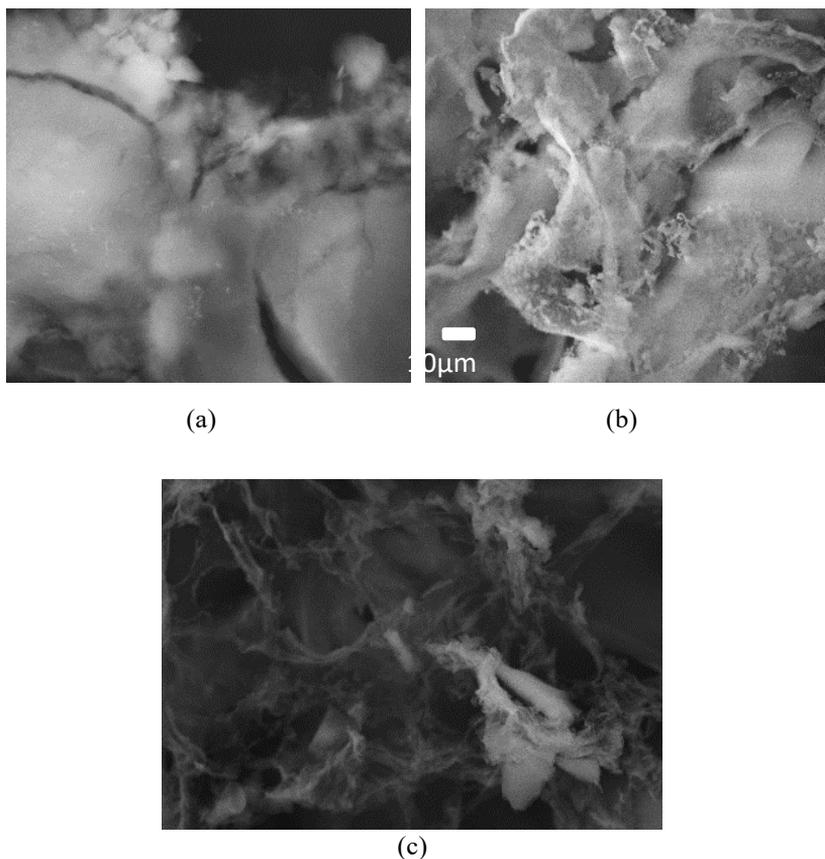
**Gambar 3.** Pola XRD sampel dari bonggol dan batang jagung setelah proses leaching dengan HCl dan pemanasan pada suhu 700oC.

Tabel 1. merangkum *yield* silika yang berhasil diperoleh dari berbagai bagian tanaman jagung. Kadar silika tertinggi ditemukan pada kulit tongkol jagung, yaitu mencapai 2.543% massa. Kadar silika di bagian lain jauh lebih rendah, yaitu 0.593% massa di bonggol dan 0.843% massa di batang. Perlu dicatat bahwa kontaminan di bonggol dan batang relatif signifikan, sehingga *yield* silika murni yang diperoleh akan lebih rendah dari nilai tersebut.

**Tabel 1.** Yield Silika dari Berbagai Bagian Tanaman Jagung

Parts of Plants	Konsentrasi HCl	Kondisi operasi <i>furnace</i>	Yield (% massa)
Kulit Tongkol	10%	tanpa <i>ramp rate</i>	2,543
Kulit Tongkol	10%	dengan <i>ramp rate</i> 5°C min <sup>-1</sup>	2,328
Kulit Tongkol	15%	dengan <i>ramp rate</i> 5°C min <sup>-1</sup>	2,269
Bonggol	10%	tanpa <i>ramp rate</i>	0,593
Bonggol	10%	dengan <i>ramp rate</i> 5°C min <sup>-1</sup>	0,378
Batang	10%	tanpa <i>ramp rate</i>	0,843

Untuk menginvestigasi pengaruh kondisi operasi terhadap morfologi silika, dilakukan analisis dengan *scanning electron microscopy* (SEM). Dalam hal ini diambil foto SEM untuk sampel yang berasal dari bagian dengan kadar silika tertinggi, yaitu kulit tongkol. Dari Gambar 4a diketahui bahwa silika yang diperoleh memiliki morfologi *bulk* yang teraglomerasi. Penambahan *ramp rate* (Gambar 4b) memicu pertumbuhan partikel sekunder yang berukuran lebih kecil, yang berperan terhadap perubahan struktur kristal. Di sisi lain, peningkatan konsentrasi HCl (Gambar 4c) dapat memecah jaringan tanaman sehingga mengoptimalkan proses *leaching* dan mengurangi kontaminan pada produk akhir. Pada tahap penelitian lebih lanjut, untuk mengoptimalkan kinerja material dalam aplikasinya di berbagai bidang, morfologi silika ini akan dimodifikasi sehingga memiliki ukuran partikel yang lebih kecil, yang dapat mencapai skala submikron hingga nanometer.



**Gambar 4.** Foto SEM untuk silika yang diperoleh dari kulit tongkol jagung setelah proses leaching dan pemanasan pada suhu 700°C: (a) tanpa *ramp rate*, (b) dengan *ramp rate* (d) dengan konsentrasi HCl 15%.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pemanfaatan limbah jagung menjadi produk silika yang multifungsi dan bernilai tinggi, dapat dilakukan melalui proses yang sederhana dan relatif murah. Silica berhasil disintesis dari kulit tongkol, bonggol, dan batang jagung dengan metode leaching yang dilanjutkan dengan pemanasan di furnace atmosferik. Silika yang didapatkan dari kulit tongkol jagung memiliki kemurnian dan *yield* terbaik, yaitu 2,543 % massa, dengan struktur kristal amorf dan quartz. Perlakuan *ramp rate* pada saat pemanasan memicu pembentukan struktur kristal dan partikel sekunder yang berukuran lebih kecil. Di sisi lain, peningkatan konsentrasi asam membantu memecah jaringan tanaman sehingga mengoptimalkan proses

*leaching* dan mengurangi kontaminan pada produk silika yang diperoleh. Hasil ini akan digunakan sebagai dasar untuk mengoptimasi proses sintesis dan menentukan aplikasi yang terbaik untuk silika yang diproduksi dari limbah jagung.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi, yang telah memberikan pendanaan terhadap penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Pemula (PDP).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS (2016) Produksi Jagung Menurut Provinsi (ton), 1993-2015. Taken from: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/868> (accessed on June 10, 2017).
- [2] Kementerian Pertanian (2015) Kinerja Satu Tahun Kementerian Pertanian Oktober 2014 – Oktober 2015. <http://www.pertanian.go.id/assets/upload/doc/kinerja%20kementan%202015.pdf> (accessed on June 10, 2017).
- [3] Chafid, M. (2016) Outlook Komoditas Pertanian Sub Sektor Tanaman Pangan: Jagung. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian.
- [4] Muktiani, A., Kusumanti, E., & Harjanti, D.W. (2017) Utilization of crop corn waste as a complete feed for pregnant goats. *Advanced Science Letters*. 23(3), 2624-2626.
- [5] Epstein, E. (1999) Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 50, 641-664.
- [6] Ehrlich, H., Demadis, K.D., Pokrovsky, O.S., & Koutsoukos, P.G. (2010) Modern View on Desilification: Biosilica and Abiotic Silica Dissolution in Natural and Artificial Environments. *Chemical Reviews*. 110(8), 4656 – 4689.
- [7] Ma, J.F. & Yamaji, N. (2006) Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Science*. 11(8), 392 – 397.
- [8] Andrade, F.A., Andrade Junior, A., Andrade, C.G.T.J., & Miglioranza, E. (2014) Accumulation of silicon and arrangement and shapes of silica bodies in corn husks. *Genetics and Molecular Research*. 13(1), 1690 –

- 1696.
- [9] Krishnarao, R. V. & Mahajan, Y. R. (1996) Formation of SiC whiskers from raw rice husks in argon atmosphere. *Ceramics International*, 22(5), 353-358.
  - [10] Zhang, H., Zhao, X., Ding, X., Lei, H., Chen, X., An, D., Li, Y. & Wang, Z. (2010) A study on the consecutive preparation of d-xylose and pure superfine silica from rice husk. *Bioresource Technology*. 101(4), 1263-1267.
  - [11] Liu, N., Lu, Z., Zhao, J., McDowell, M.T., Lee, H., Zhao, W. & Cui, Y. (2014) A pomegranate-inspired nanoscale design for large-volume-change lithium battery anodes. *Nature Nanotechnology*. 9, 187-192.
  - [12] Mohamed, R.M., Khalid, I.A. & Barakat, M.A. Rice husk as a renewable source for the production of zeolite NaY and its characterization. *Arabian Journal of Chemistry*. 8(1), 48-53.
  - [13] Chu, B., Sun, B., Song, B., Wu, S., Su, Y. & He, Y. (2016) Plants-derived fluorescent silicon nanoparticles featuring excitation wavelength-dependent fluorescent spectra for anti-counterfeiting application. *Chemical Communication*. (Accepted Manuscript).
  - [14] Velmurugan, P., Shim, J., Lee, K.-J., Cho, M., Lim, S.-S., Seo, S.-K. & Oh, B.-T. (2015). Extraction, characterization, and catalytic potential of amorphous silica from corn cobs by sol-gel method. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 29, 298–303.

## PENGATURAN TORSI PADA *HYBRID ELECTRIC VEHICLE* (HEV) MENGUNAKAN METODE *NEURO-FUZZY* PREDIKTIF

Aulia Rahma Annisa<sup>1</sup>, Wahyu Kunto Wibowo<sup>1</sup>, dan Nita Indriani Pertiwi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pertamina, Jakarta, Indonesia

E-mail: [aulia.ra@universitaspertamina.ac.id](mailto:aulia.ra@universitaspertamina.ac.id)

### ABSTRACT

*In hybrid electric vehicle, there are two sources of energy, namely Internal Combustion Engine (ICE) and DC motor. ICE as the prime mover has a smaller capacity than conventional vehicles because of the work is assisted by the DC motor. The DC motor acts to help internal combustion engine reach the torque and the speed as desired. Torque control of hybrid electric vehicle provide of how much torque required by the DC motor to assist the performance of ICE. When the ICE are not able to maintain the speed, the DC motor will help to provide the power. To overcome these problems, neuro-fuzzy predictive methods using inverse models are used. Neuro-fuzzy controller has the advantage of adaptability when the parameters in the system change. HEV itself requires a quick response therefore predictive controller used in order to predict the future value of the torque. Testing results showed that neuro-fuzzy predictive method which combines neurofuzzy controller with inverse models, able to assist ICE follows the reference model. The use of neuro-fuzzy predictive showed better control performance. This is shown from the speed response in 0.25 seconds able to produce a torque of 0.161 N-m, so that the HEV system can follow the desired reference model.*

**Keywords:** Hybrid Electric Vehicle (HEV), torque control strategy, neuro-fuzzy

### ABSTRAK

*Pada Hybrid Electric Vehicle (HEV) terdapat dua sumber tenaga, yaitu Internal Combustion Engine (ICE) dan motor DC. ICE sebagai penggerak utama memiliki kapasitas yang lebih kecil dibandingkan kendaraan konvensional karena dibantu oleh kerja dari motor DC. Motor DC berperan membantu ICE mencapai torsi dan kecepatan sesuai dengan yang diinginkan. Pengaturan torsi pada HEV berperan dalam hal seberapa besar torsi yang dibutuhkan oleh motor DC untuk membantu kinerja dari ICE. Pada saat ICE tidak mampu mempertahankan kecepatan, maka motor DC akan membantu memberikan tenaga. Untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakan metode neuro-fuzzy prediktif dengan menggunakan invers model. Kontroler neuro-fuzzy memiliki keunggulan pada kemampuan adaptasi pada saat terjadinya perubahan parameter yang ada pada sistem. HEV sendiri membutuhkan respon yang cepat oleh karena itu, digunakan kontroler yang bersifat prediktif agar dapat memprediksi nilai torsi yang akan datang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, metode neuro-fuzzy prediktif yang menggabungkan kontroler neuro-fuzzy dengan invers model, mampu membantu ICE mengikuti model referensi. Penggunaan neuro-fuzzy yang bersifat prediktif menunjukkan performansi kontrol yang lebih baik. Hal ini ditunjukkan dari respon kecepatan pada detik ke-0,25 mampu menghasilkan torsi sebesar 0.161 N-m, sehingga sistem HEV dapat mengikuti model referensi yang diinginkan.*

**Kata kunci:** Hybrid Electric Vehicle (HEV), strategi pengaturan torsi, neuro-fuzzy

## 1. PENDAHULUAN

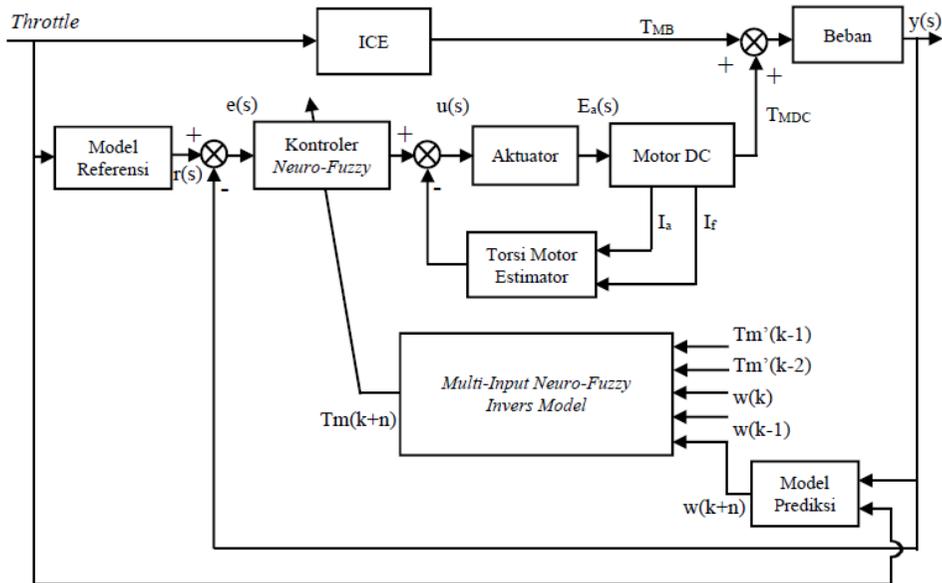
*Hybrid Electric Vehicle* (HEV) adalah kendaraan yang memiliki minimal dua sumber energi yang berbeda. Kombinasi yang paling umum saat ini adalah *Internal Combustion Engine* (ICE) dan baterai listrik. HEV menggunakan ICE dengan kapasitas yang lebih kecil dibandingkan kendaraan konvensional, hal ini mengakibatkan penggunaan bahan bakar menjadi lebih hemat. Pada saat ICE tidak mampu mempertahankan kecepatan maka motor DC akan membantu memberikan tenaga, sehingga dengan menggunakan bahan bakar yang sedikit kendaraan masih dapat mempertahankan performa terbaiknya [1]. Untuk mengontrol HEV terdapat tiga tujuan utama yaitu, mengurangi pemakaian bahan bakar, mengurangi emisi gas buang kendaraan dan memaksimalkan keluaran torsi kendaraan [2]. Terdapat pula tujuan lain dalam pengontrolan HEV, yaitu untuk mengoptimalkan strategi energi kendaraan [3]. Serta pada [4] tujuannya adalah untuk memaksimalkan torsi kendaraan.

Terdapat beberapa permasalahan yang ada pada HEV, diantaranya adalah upaya yang dilakukan agar motor DC dapat bekerja secara optimal dalam hal membantu ICE mencapai kecepatan yang diinginkan. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah strategi pengaturan torsi pada HEV [2], [5]-[7]. Strategi pengaturan torsi pada dasarnya adalah pengaturan arus, sehingga dapat diperkirakan berpakah nilai arus yang terukur pada HEV saat terjadi akselerasi.

Pada penelitian ini berkaitan dengan pengaturan kecepatan pada HEV dengan menggunakan metode *neuro-fuzzy* prediktif yang diharapkan dapat memberikan suatu strategi pengaturan kecepatan baru pada HEV berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan. Penggunaan metode *neuro-fuzzy* berkaitan dengan kemampuan dalam hal penalaran serta pembelajaran pada saat terjadi perubahan parameter yang ada pada sistem, terutama saat terjadi perubahan kecepatan. Selain itu, kontroler yang dirancang bersifat prediktif agar dapat diketahui nilai torsi yang dibutuhkan oleh motor DC untuk membantu ICE mencapai model referensi yang diinginkan.

## 2. IDENTIFIKASI DAN PEMODELAN SISTEM

Untuk melakukan simulasi pada HEV, dibutuhkan model matematis dari HEV. Pada penelitian ini, simulator HEV yang digunakan menggunakan konfigurasi paralel, dimana ICE bertindak sebagai penggerak utama sedangkan motor DC bertindak sebagai penggerak pembantu ketika proses akselerasi. Konfigurasi sistem kontrol pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Blok Diagram Sistem Simulator HEV

Dalam penelitian ini berkaitan dengan strategi pengaturan torsi yang pada dasarnya adalah pengaturan arus, sehingga dapat diperkirakan besar arus yang dibutuhkan untuk dapat mencapai torsi yang diinginkan. Oleh karena itu, terdapat prediktor yang digunakan untuk memprediksi nilai torsi yang dibutuhkan. Dari blok diagram sistem terdapat *invers model* yang digunakan untuk mengestimasi torsi. Model referensi yang digunakan merupakan karakteristik respons plant yang diinginkan. Model referensi memiliki *rise time* yang lebih cepat dibandingkan *rise time* ICE dan tidak memiliki *steady state error*. Dengan adanya model referensi ini, diharapkan motor DC dapat membantu ICE agar dapat mencapai model referensi yang diinginkan.

Identifikasi yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter yang ada pada simulator HEV. Setelah mendapatkan parameter tersebut maka dapat dilakukan pemodelan matematis dari plant. Identifikasi parameter yang dilakukan penelitian ini meliputi: identifikasi pembebanan, ICE dan motor DC.

**2.1 Identifikasi dan Pemodelan Pembebanan**

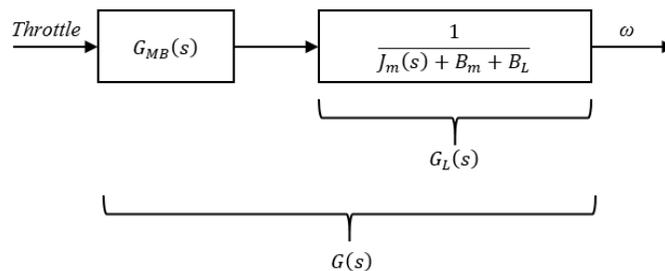
Identifikasi pembebanan dilakukan berdasarkan beban yang ada pada simulator HEV, yaitu beban rem elektromagnetik dan beban komponen penghubung antara ICE dengan motor DC. Parameter yang dibutuhkan yaitu, konstanta rem elektromagnetik ( $K_d$ ), momen inersia beban ( $J_m$ ), koefisien gesekan viskos beban ( $B_m$ ) dan beban rem elektromagnetik ( $B_l$ ). Hasil identifikasi pembebanan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Parameter Pembebanan

Parameter	Nilai
Konstanta rem elektromagnetik ( $K_d$ )	$-1.636 \times 10^{-4}$
Momen inersia beban ( $J_m$ )	$1.231 \times 10^{-5} \text{ kg-m}^2$
Koefisien gesekan viskos beban ( $B_m$ )	$2.462 \times 10^{-5} \text{ N-m/rad/s}$
Beban rem elektromagnetik ( $B_l$ )	$9.1616 \times 10^{-5} \text{ N-m/rad/s}$

## 2.2 Identifikasi dan Pemodelan ICE

Untuk mendapatkan pemodelan ICE, dilakukan identifikasi statis menggunakan metode *Strejc*. Proses pemodelan *Strejc* memanfaatkan grafik respons dari ICE saat diberikan masukan berupa sinyal step. Dari grafik respons akan didapatkan parameter yang akan menghasilkan model matematis yang mendekati respons ICE sebenarnya. Model dinamis ICE jika diberi beban (arus beban) dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Model Dinamis ICE

Sehingga model dinamis ICE dapat dituliskan seperti pada persamaan (1) berikut,

$$G_{MB}(s) = \frac{G(s)}{G_L(s)} \quad (1)$$

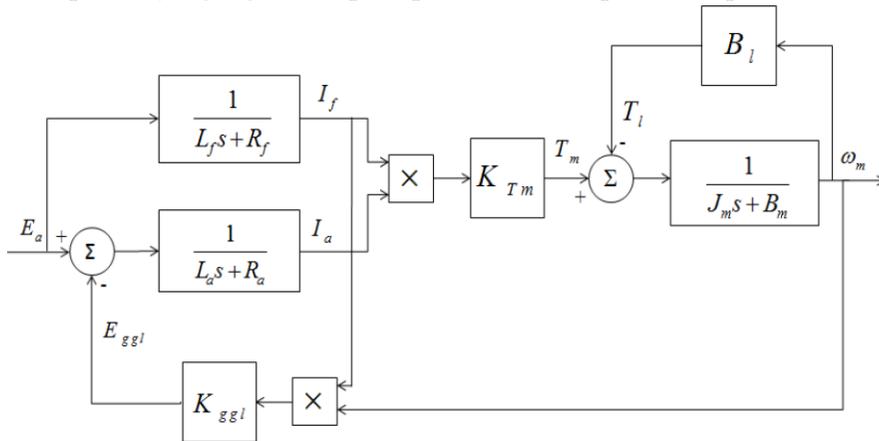
Proses untuk mendapatkan parameter ICE dilakukan pada saat pembebanan nominal. Metode pembebanan nominal dilakukan dengan memberikan tambahan beban dari rem elektromagnetik sebesar 40 V. Dari hasil identifikasi diperoleh pemodelan ICE seperti pada persamaan (2),

$$G_{MB}(s) = \frac{(43.233 \times 10^{-5})s + 408.453 \times 10^{-5}}{0.015625s^2 + 0.25s + 1} \quad (2)$$

## 2.3 Identifikasi dan Pemodelan Motor DC

Pada pemodelan motor DC dibutuhkan beberapa parameter yaitu, konstanta gaya gerak listrik balik motor DC ( $K_{ggl}$ ), konstanta torsi motor DC ( $K_{TMDC}$ ),

induktansi kumparan jangkar ( $L_a$ ) dan resistansi kumparan jangkar ( $R_a$ ), induktansi kumparan medan ( $L_f$ ) dan resistansi kumparan medan ( $R_f$ ), dan parameter beban ( $J_m$ ,  $B_m$ , dan  $B_l$ ). Pada penelitian ini motor DC yang digunakan adalah motor DC dengan konfigurasi paralel. Motor DC konfigurasi paralel memiliki karakteristik *non linear* terhadap arus jangkar, arus medan, dan torsi motor. Blok diagram motor DC konfigurasi paralel yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Blok Diagram Motor DC Konfigurasi Paralel

Proses identifikasi parameter dilakukan dengan melakukan beberapa pengujian langsung terhadap motor DC. Hasil identifikasi parameter motor DC dapat dilihat pada Tabel 2,

**Tabel 2.** Parameter Motor DC

Parameter	Nilai
Konstanta gaya gerak listrik balik motor DC ( $K_{ggl}$ )	0.7154 V – sec/rad
Konstanta torsi motor DC ( $K_{TDC}$ )	0.624
Induktansi kumparan jangkar ( $L_a$ )	0.09116 H
Resistansi kumparan jangkar ( $R_a$ )	19.7480 $\Omega$
Induktansi kumparan medan ( $L_f$ )	23.3400 H
Resistansi kumparan medan ( $R_f$ )	2377.12 $\Omega$

## 3. PERANCANGAN SISTEM

### 3.1 Model Referensi

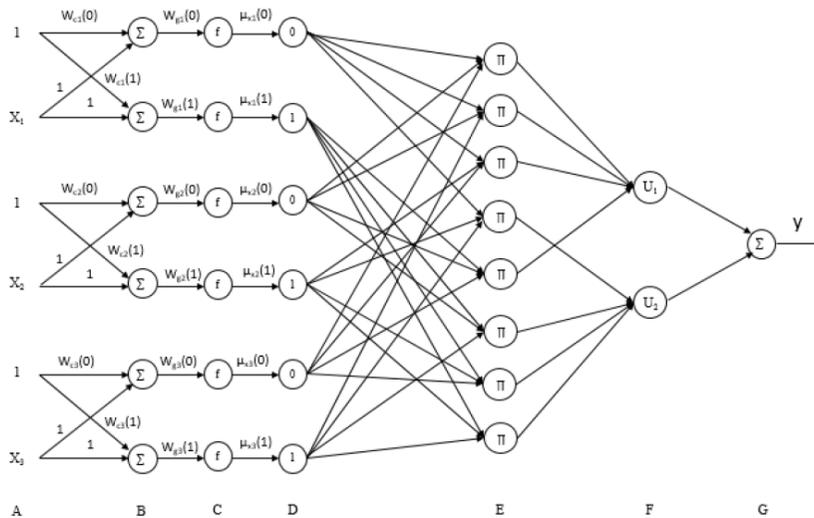
Model referensi digunakan sebagai acuan bagi kontroler saat membantu ICE. Saat dalam kondisi akselerasi, kontroler diharapkan mampu memberikan perintah kepada motor DC untuk membantu ICE, sehingga simulator HEV memiliki keluaran menyerupai model referensi yang telah dirancang. Model referensi dirancang berdasarkan respons model matematis ICE dan dirancang memiliki *rise time* serta *settling time* yang lebih cepat.

Sistem yang digunakan pada penelitian ini termasuk dalam kategori *critically damped*, karena memiliki nilai  $\xi = 1$ . Dari hasil respons identifikasi plant didapatkan nilai *time constant* ICE sebesar 0.28 s dengan *settling time* sebesar 0.84 s. Model referensi yang dirancang diharuskan memiliki *settling time* yang lebih cepat. Oleh karena itu, dipilih nilai *settling time* sebesar 0.42 dengan nilai *time constant* sebesar 0.14 s. Sehingga model referensi yang digunakan pada penelitian ini seperti pada persamaan (3) berikut,

$$G(s) = \frac{35.14}{0,14s + 1} \quad (3)$$

### 3.2 Perancangan Kontroler *Neuro-Fuzzy*

Pada penelitian ini menggunakan *neuro-fuzzy Fuzzy Modelling Networks* (FMN) Tipe II digunakan sebagai kontroler pada mekanisme *learning* dan *mapping invers model*. Dengan menggunakan FMN tipe II, maka parameter-parameter untuk membangkitkan fungsi keanggotaan akan berubah secara otomatis seiring dengan perubahan bobot pada jaringan syaraf tiruan. FMN Tipe II menggunakan sistem inferensi fuzzy Sugeno dan memiliki konsekuen berupa nilai konstan. Perhitungan *neuro-fuzzy* dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap *forward propagation* dan *back propagation*. Struktur FMN Tipe II yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.

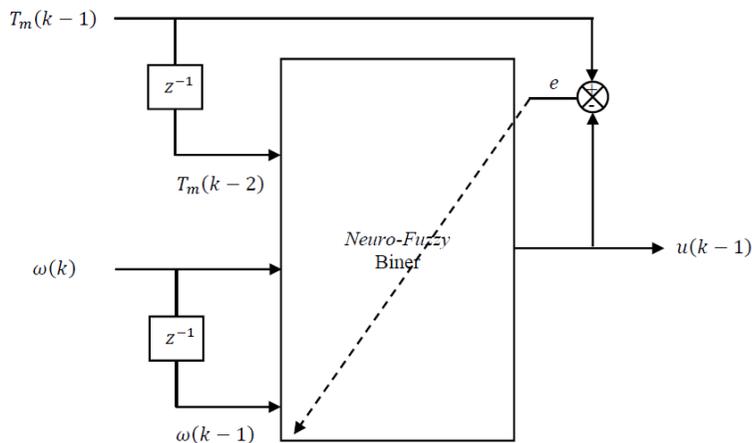


**Gambar 4.** Struktur FMN Tipe II

**3.3 Perancangan *Invers Model***

Pada penelitian ini digunakan *invers model* untuk mengetahui nilai suatu *input* jika diketahui nilai *output* dan nilai *input* sebelumnya. Pada proses ini terbagi menjadi 2 tahap yaitu, proses *learning* dan proses *mapping*. Pada proses *learning* dilakukan perhitungan secara *offline* untuk mendapatkan bobot-bobot yang bersesuaian dengan jaringan *neuro-fuzzy* biner. Sedangkan proses *mapping*, dilakukan perhitungan secara *online* dengan menggunakan bobot-bobot yang telah diperoleh pada proses *learning*.

Pada proses *learning* dibutuhkan parameter-parameter yang digunakan sebagai *input* untuk kontroler *neuro-fuzzy* biner, yaitu  $T_m(k - 2)$ ,  $\omega(k)$ , dan  $\omega(k - 1)$ . Target yang digunakan untuk proses *learning* adalah berupa nilai  $T_m(k - 1)$ , sehingga diharapkan proses *learning* menghasilkan *output* yang dapat mengikuti target yang diinginkan. Gambar 5 berikut menunjukkan mekanisme proses *learning*.



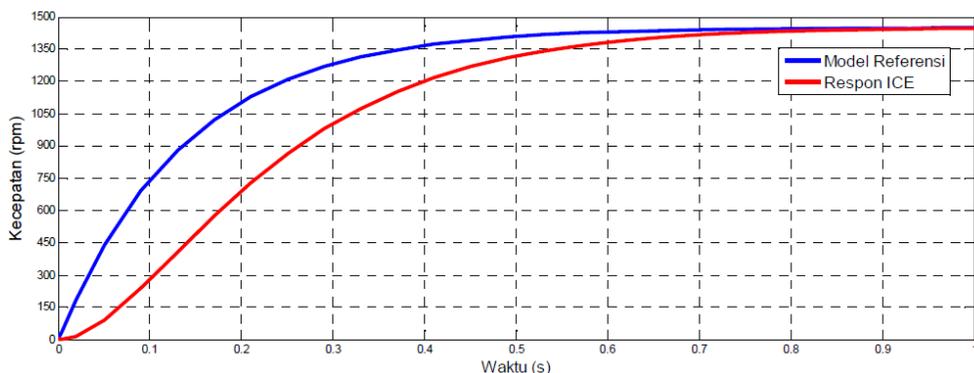
**Gambar 5.** Mekanisme Proses *Learning*

Setelah mendapatkan bobot-bobot pada proses *learning*, maka selanjutnya bobot tersebut digunakan untuk melakukan proses *mapping*. Parameter yang dibutuhkan sebagai *input* pada proses ini yaitu,  $T_m(k - 1)$ ,  $\omega(k + 1)$ , dan  $\omega(k)$ . *Output* pada proses *mapping* adalah sinyal kontrol hasil prediksi menggunakan *invers model*. Selisih antara *output* proses *mapping* dengan proses *learning* inilah yang nantinya digunakan sebagai target pada kontroler utama yaitu, kontroler *neuro-fuzzy* mamdani.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

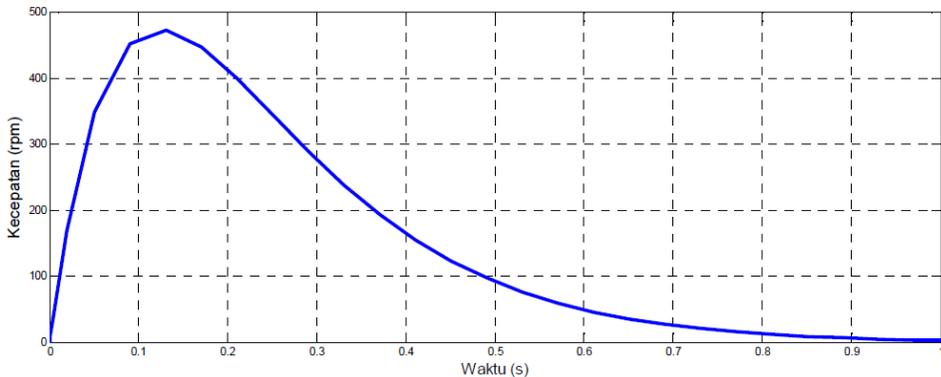
### 4.1 Pengujian ICE

Pengujian pertama dilakukan untuk mengetahui respons HEV yang digerakkan oleh ICE tanpa bantuan motor DC. Respons ICE akan dibandingkan dengan model referensi yang diinginkan. Pada pengujian ini ICE dan model referensi diberi masukan presentase *throttle* sebesar 41.25% dalam bentuk sinyal *unit step* dan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6,



**Gambar 6.** Respons ICE Tanpa Bantuan Motor DC

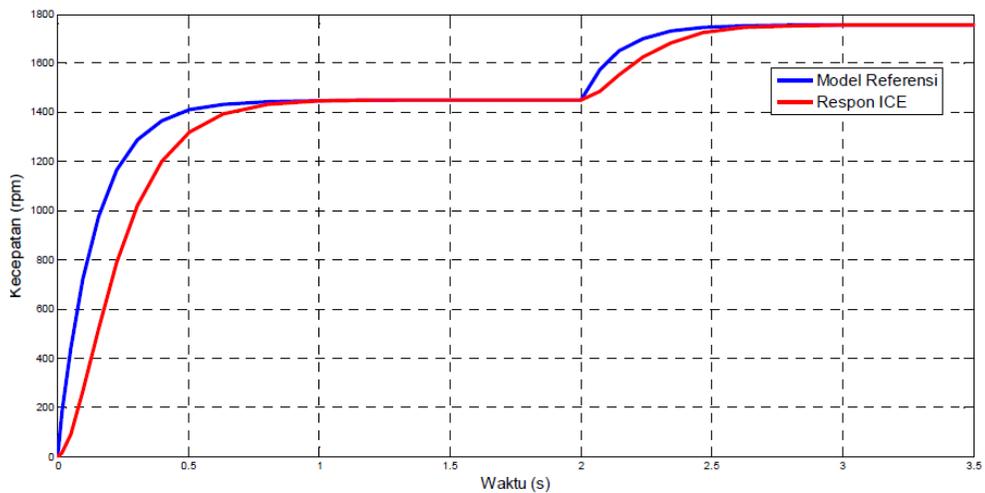
Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa ICE memiliki *rise time* yang lebih lambat dibandingkan dengan model referensi. Model referensi memiliki *rise time* sebesar 0.55 detik, sedangkan ICE sebesar 0.70 detik. Sehingga ICE memiliki *rise time* yang lebih lambat 0.15 detik dibandingkan dengan model referensi yang diinginkan. Gambar 7 berikut menunjukkan data nilai *error* mulai dari detik ke-0 sampai detik ke-1.



**Gambar 7.** Sinyal *Error* Model Referensi dengan Respons ICE

Mulai dari detik ke-0 sampai ke-1 terdapat nilai *error* sebesar 475 rpm. Hal ini akibat adanya keterlambatan *rise time* yang dimiliki oleh ICE sebesar 0.15 detik, sehingga menyebabkan *error* yang besar pada saat kondisi awal. Dengan melakukan uji RMSE dapat diketahui presentase nilai *error* antara model referensi dengan ICE sebesar 1.99%.

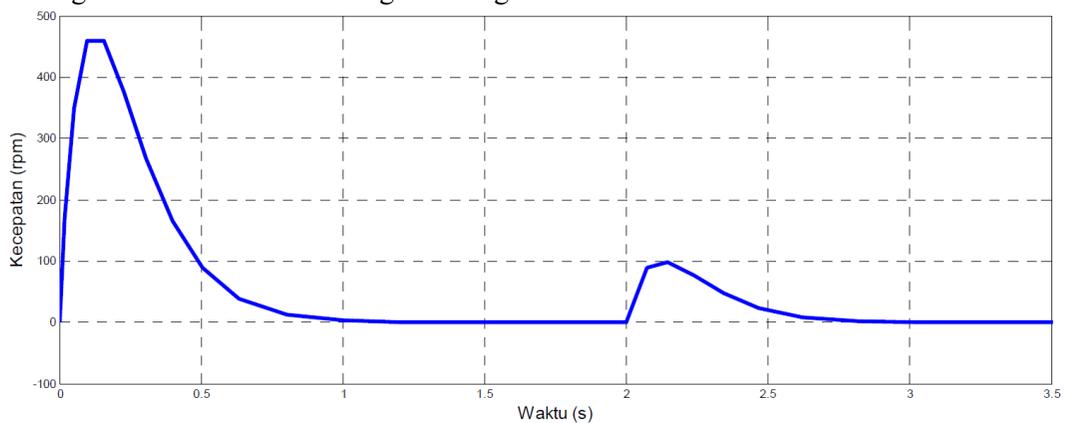
Pengujian selanjutnya dilakukan dengan memberi masukan berupa sinyal *unit step* yang memiliki perubahan amplitudo. Sinyal masukan menggambarkan adanya perubahan presentase *throttle* dari 41.25% menjadi 50%. Perubahan ini sebagai penggambaran akselerasi atau kenaikan kecepatan pada HEV. Respons pada pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Respons Pengujian ICE dengan Perubahan Amplitudo

Dari hasil pengujian didapatkan nilai *error* pada detik 0 sampai 1 dengan nilai *error* terbesar 460 rpm, dan detik ke-2 sampai ke-2.8 dengan nilai *error* terbesar 100 rpm yang ditunjukkan pada Gambar 9.

Berdasarkan hasil pengujian pertama dan kedua dapat disimpulkan bahwa simulator HEV yang digerakkan hanya dengan ICE perlu mendapatkan bantuan untuk dapat mengikuti model referensi dengan berbagai kondisi.



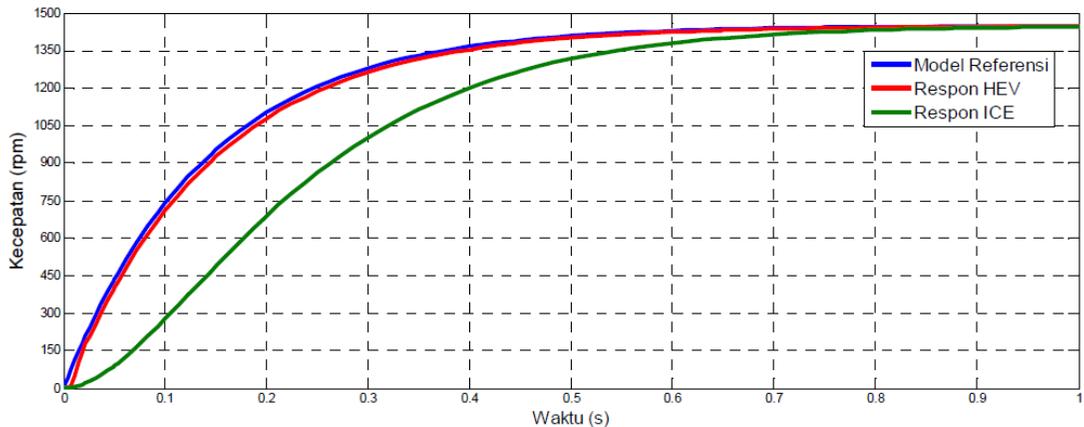
**Gambar 9.** Sinyal *Error* antara Model Referensi dengan Respons ICE saat Perubahan Amplitudo

## 4.2 Pengujian ICE dengan Bantuan Motor DC

### 4.2.1 Pengujian Kontroler *Neuro-Fuzzy* Mamdani

Berdasarkan hasil pengujian pertama dibutuhkan sistem yang dapat membantu kerja ICE sehingga dapat mencapai model referensi. Pada pengujian ini motor DC dikontrol menggunakan metode *neuro-fuzzy* mamdani dan akan bekerja membantu

ICE untuk mencapai model referensi yang diinginkan. Hasil pengujian ICE dengan bantuan motor DC dapat dilihat pada Gambar 10 berikut,

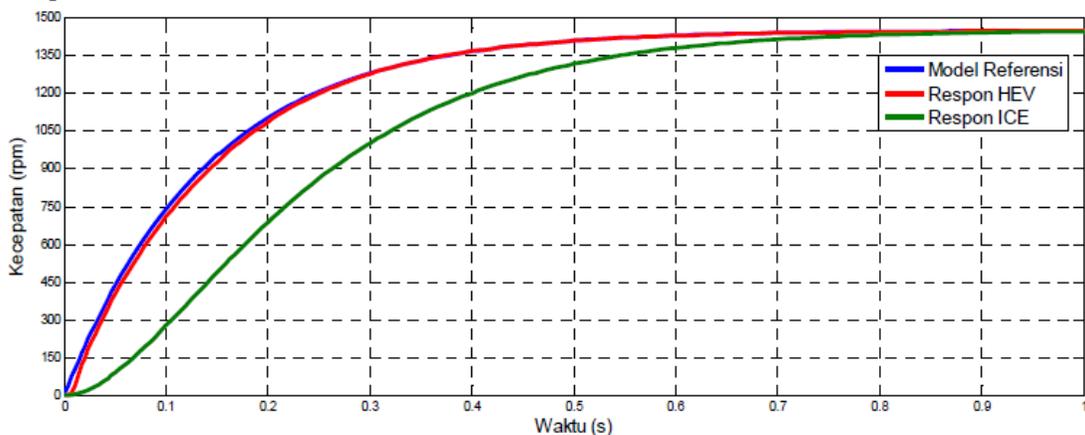


Gambar 10. Respons HEV menggunakan Metode *Neuro-Fuzzy* Mamdani

Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa dengan menggunakan bantuan motor DC, HEV dapat mengikuti model referensi yang diberikan. Namun masih terdapat *error* antara respon HEV dengan model referensi, yaitu sebesar 50 rpm.

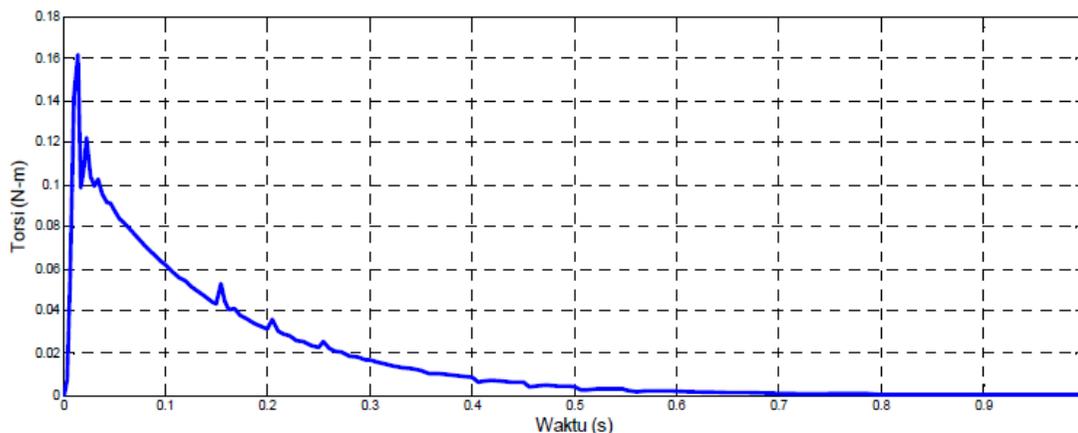
#### 4.2.2 Pengujian Kontroler *Neuro-Fuzzy* Prediktif

Pada pengujian selanjutnya, dilakukan perbandingan hasil uji performa motor DC jika dilakukan penambahan *invers model* pada perancangan kontroler. Dengan adanya penambahan ini diharapkan dapat menjadi suatu kesatuan mekanisme kontroler yang bersifat prediktif. Hasil pengujian *neuro-fuzzy* prediktif dapat dilihat pada Gambar 11 berikut,



Gambar 11. Respons HEV menggunakan Metode *Neuro-Fuzzy* Prediktif

Dari hasil pengujian diketahui bahwa respons HEV dapat mengikuti model referensi, yaitu saat keadaan akselerasi pada detik ke-0.25. Hal ini berarti kontroler prediktif mampu memprediksi nilai torsi yang akan datang, sehingga dapat membantu ICE mencapai model referensi. Besarnya nilai torsi yang dihasilkan oleh motor DC untuk membantu kerja ICE dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Torsi Hasil Prediksi

Dari Gambar 12 diketahui bahwa untuk mencapai model referensi, motor DC bekerja membantu ICE dengan memberikan nilai torsi sebesar 0.161 Nm. Untuk membuktikan presentase nilai *error* antara model referensi dengan respons HEV dapat dilakukan dengan uji RMSE. Dari hasil uji RMSE dapat diketahui nilai presentase *error* sebesar 0.014%. Hal ini menunjukkan bahwa *error* yang dihasilkan sangat kecil. Dengan nilai hasil uji RMSE dapat diketahui bahwa sistem dengan kontroler *neuro-fuzzy* prediktif memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan hanya menggunakan kontroler *neuro-fuzzy* mamdani. Selisih nilai presentase *error* antara *neuro-fuzzy* mamdani dengan *neuro-fuzzy* prediktif adalah 0.568%.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Metode *neuro-fuzzy* prediktif yang menggabungkan kontroler *neuro-fuzzy* dengan *invers model*, mampu membantu ICE untuk mengikuti model referensi yang diinginkan. Penggunaan kontroler *neuro-fuzzy* yang bersifat prediktif menunjukkan performansi kontrol yang lebih baik, dibandingkan dengan yang hanya menggunakan kontroler *neuro-fuzzy*. Hal ini ditunjukkan dari respons kecepatan pada detik ke-0.25 mampu menghasilkan torsi sebesar 0.161 N-m.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Li Weimin, Guoqing Xu and Yangsheng Xu. (2007). A Hybrid Controller Design for Parallel Hybrid Electric Vehicle. *Integration Technology ICIT'07*. IEEE International Conference on. pp: 450-454.
- [2] Mohebbi M, Charkhgard M, and Farrokhi M. (2005). Optimal Neuro-Fuzzy Control of Parallel Hybrid Electric Vehicles. *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*. pp: 26-30.
- [3] N. J. Schouten, M. A. Salman and N. A. Kheir. (2003). Energy Management Strategies for Parallel Hybrid Vehicles Using Fuzzy Logic. *Control Engineering Practice*. Volume: 11. pp: 171-177.
- [4] Hyeoun-Dong Lee, Euh-Suh Koo, Seung-Ki sul, Joohn-Sheok Kim, M. Kamiya, H. Ikeda, S. Shinohara and H. Yoshida. (2000). Torque Control Strategy for a Parallel-Hybrid Vehicle Using Fuzzy Logic. *Industry Application Magazine, IEEE*. Volume: 6. Issue: 6. pp: 33-38.
- [5] Yi Zhang, Heping Liu dan Huabin Wang. (2011). Torque Control Strategy for Parallel Hybrid Electric Vehicles using Fuzzy Logic. *WSEAS Transactions on Systems*. Volume: 10. Issue: 4.
- [6] Shicun Yang, Ming Li, Haoyu Weng, Bao Liu, Qiang Li, Yongli Zhu, Xiu Liu. (2010). Research on Genetic-fuzzy Control Strategy for Parallel Hybrid Electric Vehicle. *World Electric Vehicle Journal*. Volume: 4.
- [7] Yun Zhang, Xiumin Yu, Mingshuang Bi, Sina Xu. (2011). An Adaptive Neural PID Controller for Torque Control of Hybrid Electric Vehicle. IEEE. *Computer Science & Education (ICCSE), 6th International Conference on*. pp: 901-903.

## STUDI KELAYAKAN EKONOMI PENGEMBANGAN APLIKASI PEMINJAMAN RUANGAN DI UNIVERSITAS PERTAMINA

Meredita Susanty<sup>1</sup>, M. Rizky Widyayulianto<sup>2</sup>, M. Deta Aditya<sup>3</sup>, Fitri Karimah<sup>4</sup>, Akhmal Rizkyanto<sup>5</sup>, Marrosandy Bagus S<sup>6</sup>.

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Jurusan Ilmu Komputer, Universitas Pertamina - Jalan Teuku Nyak Arief, Simprug, Kebayoran Lama, Jakarta 12220, (021) 29044308

E-mail: <sup>1</sup>meredita.susanty@gmail.com, <sup>2</sup>rizky.widyayulianto@gmail.com,

<sup>3</sup>muhammaddetaaditya@gmail.com, <sup>4</sup>fitri.karimah.98@gmail.com, <sup>5</sup>akhmalrizkyanto@gmail.com, <sup>6</sup>marrosandybaguss@gmail.com

### ABSTRACT

*Waste are serious environmental issues in Indonesia. To minimize waste, there have been efforts by companies to reduce the amount of paper used. For example, in Universitas Pertamina there has been idea to make a new application-based system to rent a room, replacing the old system that still produce waste such as paper and ink bottle. Before making the application, there should be an economic feasibility study to determine whether this application can be made from economy aspects. To conduct this study, quantitative method was used, as well interview and literature studies to gather data. From that, the estimation of cost for existing room renting system is Rp98.609.423,30. Meanwhile, the estimation of cost needed to make an application for room renting system is Rp15,254,680.00 and the cost to run the system is Rp48.840.856,30. From data collected above, it says that payback period from the development of the application is less than a year, so the development of application of room renting is feasible in the economical aspect.*

**Keywords:** *economic feasibility study, software development, room renting application*

### ABSTRAK

Penumpukan sampah merupakan permasalahan pada bidang lingkungan yang masih ada di Indonesia. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menanggulangi masalah tersebut di Universitas Pertamina adalah membuat sistem peminjaman ruangan berbasis aplikasi untuk menggantikan sistem sebelumnya yang menghasilkan sampah kertas dan botol tinta. Dalam mengembangkan aplikasi diperlukan informasi mengenai biaya yang dibutuhkan untuk menentukan apakah aplikasi layak untuk dikembangkan sehingga penelitian ini dibutuhkan untuk mengetahui bagaimana kelayakan pengembangan aplikasi peminjaman ruangan dari segi ekonomi. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode kuantitatif dan teknik pengumpulan data yang dipakai yaitu wawancara dan studi literatur. Hasil yang ditemukan dari pengolahan data yaitu total biaya per tahun yang dibutuhkan pada sistem peminjaman ruangan tanpa aplikasi yaitu Rp98.609.423,30, sedangkan pada sistem peminjaman ruangan dengan aplikasi yaitu Rp48.840.856,30 dan biaya pembuatan aplikasi adalah Rp15,254,680.00. Dari data yang sudah didapatkan, bisa dilihat bahwa *payback period* yang didapat tidak lebih dari satu tahun, sehingga bisa dikatakan pengembangan aplikasi sistem peminjaman layak untuk dilakukan dari segi ekonomi.

**Kata Kunci:** studi kelayakan ekonomi, pengembangan aplikasi, aplikasi peminjaman ruangan

## 1. PENDAHULUAN

Dengan jumlah penduduk sebanyak 265 juta jiwa, permasalahan sampah di Indonesia menjadi persoalan yang serius, dengan estimasi sampah yang dihasilkan mencapai 175 ribu ton sampah per hari, atau 0,7 kg per orang. Sekitar 10% dari sampah tersebut merupakan sampah kertas [1]. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan kesadaran dari masyarakat untuk meminimalisir sampah yang dihasilkan. Salah satu cara yang dapat dilakukan di Universitas Pertamina adalah dengan mengembangkan sistem aplikasi untuk peminjaman ruangan untuk menggantikan sistem sebelumnya yang masih menghasilkan sampah berupa kertas dan botol tinta. Sebelum aplikasi dibuat, terlebih dahulu dilakukan studi kelayakan pengembangan aplikasi. Penelitian ini difokuskan pada studi kelayakan pengembangan aplikasi dari segi ekonomi (*economic feasibility study*). Rumusan masalah yang perlu dijawab pada penelitian ini yaitu bagaimana fitur aplikasi dapat menggantikan fungsi kertas sebagai permohonan izin peminjaman ruangan, bagaimana aplikasi dapat menggantikan penggunaan kertas sebagai permohonan izin peminjaman ruangan, bagaimana analisis kelayakan pembuatan aplikasi peminjaman ruangan dari segi ekonomi. Kemudian untuk tujuan yang perlu dicapai pada penelitian ini yaitu menemukan fitur aplikasi yang cocok untuk menggantikan fungsi kertas sebagai permohonan izin peminjaman ruangan, menganalisis kapabilitas aplikasi peminjaman ruangan sebagai pengganti kertas sebagai permohonan izin peminjaman ruangan di Universitas Pertamina, dan melakukan analisis kelayakan pembuatan sistem aplikasi peminjaman ruangan dari segi ekonomi.

## 2. DASAR TEORI DAN METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Studi Kelayakan Sistem Perangkat Lunak (*System Feasibility Studies*)

Studi Kelayakan adalah sebuah studi singkat yang dilakukan saat tahap awal dalam pembuatan sebuah sistem perangkat lunak. Sebuah studi kelayakan layaknya dapat menjawab tiga pertanyaan penting mengenai sistem, yaitu:

1. Apakah sistem memenuhi tujuan objektif dari organisasi?
2. Apakah sistem bisa dibuat dengan sumber daya yang tersedia?
3. Apakah sistem bisa diintegrasikan dengan sistem lain yang sedang digunakan?

Studi kelayakan dapat menentukan apakah sebuah sistem layak untuk dibuat. Jika sebuah sistem dinilai tidak menjawab salah satu dari ketiga pertanyaan diatas, maka sistem dianggap tidak layak untuk dibuat[2].

## 2.2 Perangkat Lunak (*software*)

Perangkat lunak adalah program komputer beserta dokumentasinya[2]. Perangkat lunak dapat dikembangkan untuk kebutuhan umum konsumen maupun dikembangkan untuk kebutuhan-kebutuhan tertentu konsumen yang tidak dapat dilakukan perangkat lunak umum. Perangkat lunak yang baik mempunyai fungsionalitas dan performa yang dibutuhkan pengguna dan harus dapat dipelihara, dapat diandalkan dan dapat digunakan dengan baik[2].

## 2.3 Tahap Pembuatan Perangkat Lunak (*Software Development Life Cycle*)

Ada beberapa model untuk menggambarkan proses pembuatan perangkat lunak, namun pada dasarnya, proses pembuatan perangkat lunak dapat dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu

### 1. *Planning*

Tahap ini merupakan tahap untuk menentukan apa saja yang harus dipenuhi oleh perangkat lunak itu sendiri. Hal ini mencakup, tidak terbatas pada, ruang lingkup (*scope*) dari perangkat lunak itu sendiri, apa saja yang harus bisa dilakukan oleh perangkat lunak, berapa biaya yang harus dibutuhkan, berapa lama waktu pengerjaannya, dan lain - lain. Tidak heran jika banyak pembuatan perangkat lunak yang mengalami kegagalan karena kesalahan pada tahap *Planning*.

Untuk menghitung biaya dapat dilakukan dengan penghitungan *use-case points*. Pada dasarnya, *use-case points* dapat memberikan estimasi mengenai “ukuran” dari perangkat lunak itu sendiri berdasarkan *use-case diagram* dari perangkat lunak yang sudah ditentukan sebelumnya. Semakin tinggi *use-case points*, maka semakin kompleks perangkat lunak tersebut dan semakin mahal biaya yang dibutuhkan dalam pembuatannya.

Untuk menentukan apakah sebuah sistem layak untuk dibuat, dilakukan *feasibility study* di berbagai aspek. Tujuannya adalah untuk menentukan apakah sistem bisa dibuat dengan sumber daya yang ada. Salah satu aspek yang ditinjau adalah aspek ekonomi (*economic feasibility*). Ada beberapa teknik untuk melakukan studi *economic feasibility*, salah satunya adalah *Payback Analysis*, yaitu teknik untuk menentukan waktu yang dibutuhkan agar keuntungan yang didapat dari penggunaan sistem bisa menutup biaya pembuatan sistem itu sendiri (*Payback Period*). Sistem dikatakan layak jika *Payback Period* sesuai dengan tujuan objektif perusahaan. Cara menghitung *Payback Period* (dalam satuan tahun) adalah:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Development Cost}}{|\text{Annual as is cost} - \text{Annual to be cost}|} \quad (1)[3]$$

*Development Cost* = biaya yang dibutuhkan untuk membuat sistem

*Annual as is cost* = biaya pengoperasian sistem yang digunakan sekarang

*Annual to be cost* = biaya pengoperasian sistem yang akan dibuat

## 2. *Analysis*

Setelah menentukan ruang lingkup, dilakukan analisis untuk menentukan fitur (*requirement*) dari perangkat lunak. Fitur - fitur dari perangkat lunak tersebut dibuat untuk menjawab kebutuhan yang ditentukan di tahap *planning*. Hasil dari tahap ini adalah *Software Requirement Specification (SRS)*.

## 3. *Design*

Pada tahap ini dibuat rancangan arsitektur dari perangkat lunak. Termasuk diantaranya adalah alur perpindahan data yang terjadi pada perangkat lunak, baik secara internal maupun eksternal (melibatkan perangkat lain diluar sistem).

## 4. *Implementation*

Sesuai namanya, setelah merancang keseluruhan perangkat lunak, pada tahap ini perangkat lunak diimplementasikan agar bisa digunakan sebagaimana mestinya.

## 5. *Maintenance*

Tahap ini dilakukan untuk memperbaiki perangkat lunak jika terjadi kerusakan, atau jika ada fitur tambahan yang diinginkan.

## 2.4 Estimasi *Use Case Points*

*Use-case points*, yang pada awalnya dikembangkan oleh Gustav Karner dari Objectory AB, adalah pendekatan untuk mengestimasi waktu berdasarkan fitur-fitur khusus dari masing-masing *use case*. Dari sudut pandang praktisi, untuk mengestimasi banyaknya usaha yang harus dikeluarkan menggunakan *use case points*, maka *use case* dari sistem harus sudah teridentifikasi dan *use case diagram* sudah dibuat[4].

Model *use case* memiliki dua gagasan utama: aktor dan *use case*. Aktor merepresentasikan peran yang akan pengguna mainkan pada sistem atau sistem lain yang akan berinteraksi dengan sistem yang sedang dikembangkan. Jumlah aktor yang jatuh pada masing-masing kategori dituliskan pada tabel *unadjusted actor-weighting table* untuk menghitung *Unadjusted Actor Weight (UAW)*. Perhitungan UAW dilakukan dengan menjumlahkan hasil kali dari banyak aktor pada setiap kategori dengan masing-masing beban kategorinya[4]. *Use case* adalah representasi dari proses bisnis utama yang dilakukan oleh sistem sehingga, dengan cara tertentu, menguntungkan aktor. Banyaknya *use case* dari setiap kategori dikalikan dengan

beban pada kategorinya, lalu dijumlahkan. Hasil jumlah tersebut adalah nilai dari *Unadjusted Use-Case Weight* (UUCW)[4].

Selain UAW dan UUCW, terdapat pula dua himpunan faktor yang perlu dipertimbangkan. Kedua himpunan tersebut adalah *Technical Complexity Factors* (TCF) dan *Environmental Factors* (EF). Dari masing-masing himpunan tersebut akan didapat *Technical Complexity Factor Value* (TFactor) dan *Environmental Factor Value* (EFactor). Selanjutnya, *Technical Complexity Factor* (TCF) didapatkan dengan memasukkan TFactor pada persamaan berikut:

$$\text{Technical Complexity Factor (TCF)} = 0.6 + (0.01 \times \text{TFactor}) \quad (2)$$

Sedangkan *Environmental Factor* (EF) didapatkan dengan memasukkan EFactor pada persamaan berikut:

$$\text{Environmental Factor (EF)} = 1.4 + (-0.03 \times \text{EFactor}) \quad (3)$$

Dari informasi faktor-faktor di atas, dapat ditentukan *Person-Hours Multiplier* (PHM) melalui *decision rule* berikut:

*If the of (number of Efactors E1 through E6 assigned value < 3) and (number of Efactors E7 and E8 assigned value > 3) ≤ 2*

$$PHM = 20$$

*Else If the sum of (number of Efactors E1 through E6 assigned value < 3) and (number of E factors E7 and E8 assigned value > 3) = 3 or 4* (4)

$$PHM = 28$$

*Else*

*Rethink project; it has too high of a risk for failure*

Untuk mendapatkan *Adjusted Use Case Points* (UCP), dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Adjusted Use Case Points (UCP)} = (\text{UAW} + \text{UUCW}) \times \text{TCF} \times \text{EF} \quad (5)$$

Dengan mengalikan UCP dengan PHM maka didapatkan *Effort in Person Hours* (EPH), yang merupakan nilai besarnya usaha yang harus dikeluarkan untuk mengerjakan proyek pengembangan perangkat lunak[4].

## 2.5 Metodologi Penelitian

Untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem yang sudah ada, dilakukan wawancara dengan pihak yang mengurus peminjaman ruangan di Universitas Pertamina untuk mengetahui bagaimana sistem dijalankan. Untuk mengetahui biaya operasional sistem digunakan studi literatur untuk mengetahui biaya seperti biaya untuk listrik dan gaji pegawai. Sementara untuk sistem aplikasi

peminjaman ruangan, dilakukan wawancara dengan pihak yang mengurus peminjaman ruangan di Universitas Pertamina untuk mengetahui kebutuhan sistem (*system requirement*). Untuk menentukan *economic feasibility* dari sistem, digunakan adalah teknik *Payback Analysis* yang didasari oleh teknik estimasi *Use Case Points*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Sistem Peminjaman Ruangan

Dari pengumpulan data untuk sistem peminjaman ruangan tanpa aplikasi yang telah dilakukan, didapatkan alur dari sistem yang sekarang berjalan sebagai berikut:

1. Peminjam datang ke tempat pengambilan formulir peminjaman ruangan untuk mengambil formulir.
2. Peminjam mengisikan informasi peminjam, kapasitas ruangan yang dibutuhkan, serta kapan ruangan akan dipinjam. Lalu, peminjam meminta tanda tangan penanggungjawab peminjaman serta tanda tangan pembina.
3. Peminjam mengembalikan formulir yang sudah ditulis ke tempat pengambilan formulir, diarsipkan pada map “Pengembalian Form”.
4. Operator mengambil formulir yang tersip pada map “Pengembalian Form” dan memeriksa semua form tersebut. Jika ada permintaan peminjaman yang tidak dapat diproses, seperti tidak ada ruangan yang tersedia atau peminjaman kurang dari 2 hari setelah pengumpulan formulir, maka formulir akan disimpan pada map “Peminjaman Ditolak”. Jika permintaan dapat dikabulkan, operator akan mencari ruangan yang sesuai dengan kapasitas yang diajukan oleh peminjam secara manual.
5. Informasi peminjaman dicatat oleh operator pada *Spreadsheet* di dalam komputer operator.
6. Formulir peminjaman yang disetujui akan ditandatangani oleh manajer aset dan disimpan di arsip “Peminjaman Diterima”.
7. Peminjam mengambil formulir yang diarsipkan pada “Peminjaman Ditolak” atau “Peminjaman Diterima” sebagai bukti peminjaman.

Setiap harinya ada 80 formulir peminjaman ruangan yang diproses oleh sistem yang sudah ada. Form dicetak di kertas *reuse*, atau kertas bekas yang sudah dicetak di salah satu sisinya. Untuk memproses form peminjaman, dibutuhkan 2 orang staf yang bertugas untuk memilih form yang sesuai format dan mencari ruangan yang tersedia untuk kebutuhan pemohon. Pemrosesan form dilakukan dari jam 10.30 - 11.30 dan 13.00 - 15.30 setiap harinya. Masalah yang dihadapi dalam sistem peminjaman ruangan ini adalah sistem menghasilkan limbah dalam bentuk kertas dan botol tinta dan banyaknya form yang tidak sesuai format (1 dari 8), sehingga

banyak form yang tidak terpakai/terbuang. Kemudian terdapat faktor kesalahan manusia, misalnya memberikan izin 1 ruangan dalam 1 waktu ke 2 pihak yang berbeda. Didapatkan juga data yang dibutuhkan untuk menghitung biaya pada sistem yang sedang berjalan sebagai berikut:

**Tabel 1.** Perhitungan Biaya Sistem Peminjaman Ruangan

Jenis Biaya	Barang/Jasa	Keterangan
Listrik	Komputer	LG 19 LED Monitor - Daya Normal On: 13 W - Daya Off: 0.3 W  Motherboard Socket FCLGA1156 dengan processor Intel core i3 - Daya: 73 W  Durasi menyala: 10 jam
	Printer Epson L6190	Spesifikasi listrik: - Daya Operating: 12.0 W - Daya Power Off: 0.3 W [5]  Durasi operasional: 0.05 jam/hari Durasi off: 23.95 jam/hari
Non-Listrik	Tinta Hitam	1 bulan sekali diganti Harga: Rp 115.000
	Staff	Jumlah staff: 2 Durasi kerja: 3.5 jam (0.35 dari jam kerja maksimal / hari) UMP: Rp 3.648.035/bulan [6] THR: Rp. 3.648.035/tahun BPJS: Rp 80.000/bulan

Dari data yang berada di Tabel 4.1 dan dengan besar tarif listrik B2 sebesar Rp1467,00/kWh [7], dapat dihitung rincian biaya sebagai berikut:

1. Komputer

$$((\text{daya monitor normal on} + \text{daya motherboard}) \times \text{durasi menyala} \times 0.001 \times \text{tarif listrik B2} + \text{daya monitor off} \times \text{durasi mati} \times 0.001 \times \text{tarif listrik B2}) \times 30 \text{ hari} \times 12 \text{ bulan} = ((13 \text{ W} + 73 \text{ W}) \times 10 \text{ jam} \times 0.001 \times 1467 + 0.3 \text{ W} \times 14 \text{ jam} \times 0.001 \times 1467) \times 30 \times 12 = \mathbf{Rp456.401,30}$$

2. Printer

$$((\text{daya operating} \times \text{durasi operating} \times 0.001 \times \text{tarif per-kWh}) + (\text{daya power off} \times \text{durasi power off} \times 0.001 \times \text{tarif listrik B2})) \times 30 \text{ hari} \times 12 \text{ bulan} = ((12 \times 0.05 \times 0.001 \times 1467) + (0.3 \times 23.95 \times 0.001 \times 1467)) \times 30 \times 12 = \mathbf{Rp4.112,00}$$

3. Tinta  
harga perbulan  $\times$  12 bulan =  $1 \times 115000 \times 12 = \mathbf{Rp1.380.000,00}$
4. Staff  
 $((UMP + BPJS) \times 12 \text{ bulan} + THR) \times \text{jumlah staff} \times \text{durasi kerja/durasi kerja normal} = ((3.648.035 + 80.000) \times 12 + 3.648.035) \times 2 = 96.768.910 \times 3.5/10 = \mathbf{Rp33.869.118,50}$

Berdasarkan data diatas, maka biaya total yang dibutuhkan untuk menjalankan Sistem Peminjaman Ruangan selama 1 tahun adalah:

$$Rp456.401,30 + Rp4.112,00 + Rp1.380.000,00 + Rp33.869.118,50 = \mathbf{Rp35.709.631,80}$$

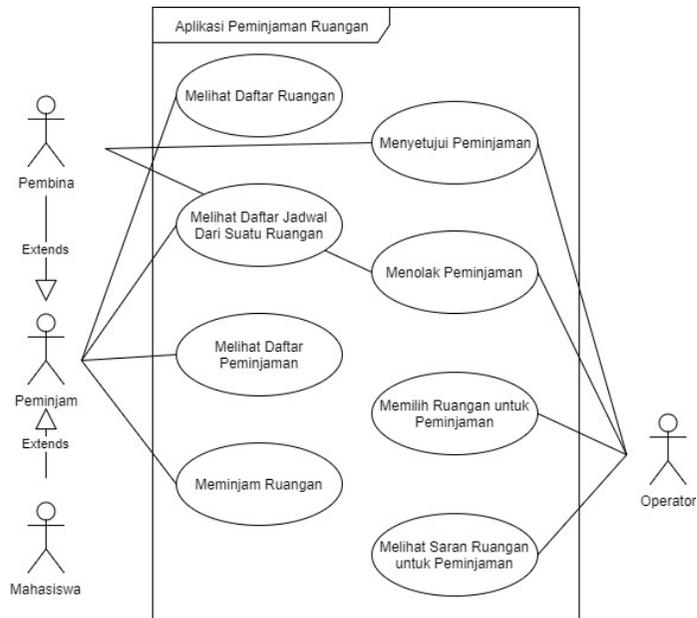
Selain biaya, sistem Peminjaman Ruangan juga menghasilkan limbah dalam bentuk kertas bekas penggunaan form dan botol tinta printer.

## 3.2 Sistem Aplikasi Peminjaman Ruangan

Dari pengumpulan data untuk sistem peminjaman ruangan dengan aplikasi yang telah dilakukan, didapatkan *Functional Requirements* sebagai berikut:

1. Mahasiswa atau pembina dapat melihat jadwal peminjaman ruangan.
2. Ruangan dapat dipinjam oleh mahasiswa atau pembina. Untuk kegiatan perkuliahan, peminjaman harus maksimal dua hari sebelum waktu peminjaman. Sedangkan untuk kegiatan kemahasiswaan maksimal tiga hari.
3. Pembina yang bertanggung jawab dan Operator dapat menyetujui/menolak peminjaman dari mahasiswa
4. Setelah peminjaman disetujui, operator dapat menentukan ruangan sesuai kapasitas yang dibutuhkan.
5. Aplikasi dapat memberikan rekomendasi ruangan yang sesuai kebutuhan kepada operator.

Untuk mengetahui seberapa besar biaya yang harus dikeluarkan untuk mengembangkan proyek aplikasi ini akan digunakan pendekatan *Use Case Points Estimation*. Untuk itu dibutuhkan informasi mengenai *Use Case* dan *Actor* apa saja yang ada pada aplikasi ini. *Functional Requirement* di atas dapat diekstrak menjadi *Use Case Diagram* berikut:



**Gambar 1.** Use Case Diagram untuk Aplikasi Peminjaman Ruang

Melalui Use Case Diagram di atas, maka dapat dilakukan perhitungan Use Case Points Estimation sebagai berikut:

**Tabel 2.** Unadjusted Use Case Points

Unadjusted Actor Weighting Table:				
Actor Type	Description	Weighting Factor	Number	Result
Simple	External System with well-defined API	1	0	0
Average	External System using protocol-based interface	2	0	0
Complex	Human	3	3	9
<b>Unadjusted Actor Weight Total</b>				<b>9</b>
Unadjusted Use Case Weighting Table:				
Use Case Type	Description	Weighting Factor	Number	Result
Simple	1-3 transactions	5	8	40
Average	4-7 transactions	10	0	0
Complex	>7 transactions	15	0	9
<b>Unadjusted Use Case Weight Total</b>				<b>40</b>
<b>Unadjusted Use Case Points = 9 + 40 = 49</b>				

**Tabel 3. Technical Complexity Factor**

Factor Number	Description	Weight	Assigned Value	Weighted Value	Notes
T1	Distributed System	2.0	0	0	
T2	Response Time/Throughput Performance Objectives	1.0	3	3	
T3	End-User Online Efficiency	1.0	5	5	
T4	Complex Internal Processing	1.0	0	0	
T5	Reusability of Code	1.0	1	1	
T6	Ease of Installation	1.0	3	3	
T7	Ease of Use	1.0	4	4	
T8	Portability	1.0	3	3	
T9	Ease of Change	1.0	4	4	
T10	Concurrency	1.0	3	3	
T11	Special Security Objectives Included	1.0	0	0	
T12	Direct Access for Third Parties	1.0	0	0	
T13	Special User Training Required	1.0	0	0	
<b>Technical Factor Value (TFactor)</b>				<b>26</b>	
<b>Technical Complexity Factor (TCF) = <math>0.6 + (0.01 \times \text{TFactor})</math></b>				<b>0.86</b>	

**Tabel 4. Environmental Factor**

Factor Number	Description	Weight	Assigned Value	Weighted Value	Notes
E1	Familiarity with system development process being used	1.5	3	4.5	
E2	Application experience	0.5	3	1.5	
E3	Object-oriented experience	1.0	3	3.0	
E4	Lead analyst capability	0.5	3	1.5	
E5	Motivation	1.0	3	3.0	
E6	Requirements stability	2.0	3	6.0	
E	Part time staff	-1.0	0	0	
E8	Difficulty of programming language	-1.0	3	-3.0	
<b>Environmental Factor Value (EFactor)</b>				<b>16.5</b>	
<b>Environmental Factor (EF) = <math>1.4 + (-0.03 \times \text{EFactor})</math></b>				<b>0.905</b>	

Dengan mengikuti *decision rule* pada persamaan (4), maka PHM untuk aplikasi ini adalah 20. Lalu untuk Use Case Points dari aplikasi ini, berdasarkan persamaan (5):

$$\text{Use Case Points (UCP)} = \text{UUCP} \times \text{TCF} \times \text{EF} = 49 \times 0.86 \times 0.905 = 38.1367$$

Setelah mendapatkan UCP, maka dapat diketahui jumlah jam kerja (*Effort in Person Hours*) yang dibutuhkan untuk pembuatan aplikasi, yaitu:

$$\text{Effort in Person Hours} = \text{UCP} \times \text{PHM} = 38.1367 \times 20 = 762.734$$

Jika *Effort in Person Hours* / Jam = Rp20.000, maka biaya yang harus dikeluarkan untuk jasa pengembangan aplikasi ini adalah:

$$\text{Rp}20.000 \times \text{Effort in Person Hours} = \text{Rp}15,254,680.00$$

Aplikasi secara idealnya dapat diakses melalui jaringan kampus, sehingga tidak diperlukan biaya untuk menyewa *domain* dan *server*. Untuk biaya komputer tidak mengalami perubahan dari biaya di sistem sebelumnya yaitu **Rp456.401,30**. Untuk staf, setelah Aplikasi Peminjaman Ruangan dijalankan, maka staf yang dibutuhkan cukup 1 orang, sehingga biaya yang dikeluarkan untuk staf menjadi setengah dari biaya staf di sistem sebelumnya yaitu **Rp16.934.559,25**. Untuk biaya printer dan tinta tidak ada lagi karena sistem aplikasi tidak membutuhkan pencetakan form lagi.

Sehingga biaya per tahun untuk menjalankan sistem aplikasi ini adalah

$$\text{Rp}16.934.559,25 + \text{Rp}456.401,30 = \text{Rp}17.390.960,55$$

Perbedaan biaya per tahun antara sistem peminjaman ruangan dan sistem aplikasi peminjaman ruangan adalah:

$$\text{Rp}35.709.631,80 - \text{Rp}17.390.960,55 = \text{Rp}18.318.671,25$$

Berdasarkan Persamaan 1, maka lama waktu *Payback Period* adalah

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Rp}15,254,680.00}{|\text{Rp}35.709.631,80 - \text{Rp}18.318.671,25|}$$
$$\text{Payback Period} = 0.83 \text{ year}$$

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan *use case diagram* hasil analisis data, dapat dilihat bahwa aplikasi peminjaman ruangan memungkinkan pihak peminjam untuk mengajukan ruangan tanpa harus menggunakan kertas sebagai formulir pengajuan peminjaman. Kemudian dari hasil perhitungan biaya sistem, dapat dilihat biaya operasional untuk sistem peminjaman ruangan dengan aplikasi lebih kecil jika dibandingkan dengan biaya operasional untuk sistem peminjaman ruangan tanpa aplikasi, selain itu besar *payback period* atau waktu yang dibutuhkan untuk menutupi biaya pembuatan sistem

dengan keuntungan yang didapat dari penggunaan sistem tidak sampai satu tahun, hal ini menentukan bahwa pengembangan aplikasi peminjaman ruangan secara ekonomi layak untuk dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al Bahriyatul Baqiroh, N. F. (2019). Timbulan Sampah Nasional Capai 64 juta ton per Tahun. *Bisnis Indonesia*. <https://ekonomi.bisnis.com/read/20190221/99/891611/timbulan-sampah-nasional-capai-64-juta-ton-per-tahun>
- [2] SOMMERVILLE, IAN. 2015. *Software Engineering*. Pearson Education Limited.
- [3] Julia, Kagan. (2018). Payback Period. What Is the Payback Period? & Understanding Payback Periods. <https://www.investopedia.com/terms/p/paybackperiod.asp>
- [4] DENNIS, A., WIXOM, B. H., & TEGARDEN, D. 2015. *System Analysis and Design: An Object-Oriented Approach with UML*. Wiley.
- [5] Singapore, EPSON. (2018). Epson L6190 Wi-Fi duplex all-in-one ink tank printer with ADF. Specifications: Print Speed. <https://www.epson.com.sg/For-Home/Printers/Ink-Tank/Ink-Tank-System-Printers/Epson-L6190-Wi-Fi-Duplex-All-in-One-Ink-Tank-Printer-with-ADF/p/C11CG19502>
- [6] Utama, Abraham. (2017). UMP Jakarta 2018 tawarkan bebas biaya Transjakarta dan subsidi pangan. *BBC Indonesia*. <https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-41827940>
- [7] Pratama, Akhdi Martin. (2018). Kementerian ESDM: Tarif Listrik di Indonesia Paling Murah se-Asean. *Kompas*. <https://ekonomi.kompas.com/read/2018/08/25/190513326/kementerian-esdm-tarif-listrik-di-indonesia-paling-murah-se-asean>

## PREDIKSI LAJU PENETRASI PENGEBORAN MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN

Raka Sudira Wardana<sup>1</sup>, Bastian Andoni<sup>2</sup>, Fadhil Rhisnanda<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Pertamina

<sup>2</sup>PT. Pertamina Internasional EP

E-mail: rakawardana@gmail.com

### ABSTRACT

Various efforts have been made to reduce drilling costs in the oil and gas upstream industry. One of it is by maximizing drilling Rate Of Penetration (ROP), the speed at which a drill bit breaks the formation underneath it to deepen the borehole. High ROP resulted in shorter drilling times can reduce drilling costs. This is the ideal condition that is expected in every drilling process. However, many factors such as environmental factors (rock formations, wellbore size, drilling mud), drilling parameters (weight on bits, rotational speed, flow rate, hydraulics, etc.) and the characteristics of the bits determine the ROP. Among all, drilling parameters is the only one that can be customized to generate the highest ROP during the drilling process. Choosing drilling parameters to generate the highest ROP in the various environmental condition is not a trivial thing. Moreover, the correlation among these parameters is not linear, and some other factors also affect ROP. Some empirical ROP models that can be used requires parameters that are not always available in the operation field. This study proposes an Artificial Neural Network (ANN) to predict ROP. Using formation type and drilling parameters data as the input, the model produces a great degree of accuracy (R-square at least 0.8). It shows that ANN can become a better alternative to find the optimum drilling parameter to achieve the highest ROP.

**Keywords:** Rate of penetration, Drilling parameter, Artificial Neural Network

### ABSTRAK

Berbagai upaya dilakukan untuk mengurangi biaya pengeboran pada industri upstream minyak dan gas. Salah satunya dengan melakukan optimasi laju penetrasi pengeboran atau Rate Of Penetration (ROP), kecepatan mata bor memecah formasi di bawahnya untuk memperdalam lubang sumur. ROP yang tinggi dapat menghasilkan waktu pengeboran yang lebih singkat sehingga dapat mengurangi biaya pengeboran. Ini adalah kondisi ideal yang diharapkan dalam setiap proses pengeboran. Namun, banyak faktor seperti faktor lingkungan (formasi batuan, ukuran lubang sumur, lumpur pengeboran), parameter pengeboran (beban pada mata bor, kecepatan putar, laju alir, hidrolika, dll) dan karakteristik dari mata bor yang menentukan ROP. Di antara semua faktor tersebut, parameter pengeboran adalah satu-satunya faktor yang dapat dikustomisasi untuk menghasilkan ROP tertinggi selama proses pengeboran. Memilih parameter pengeboran untuk menghasilkan ROP tertinggi dalam berbagai kondisi lingkungan bukanlah hal yang mudah. Selain itu, korelasi antara parameter-parameter tersebut tidak linier, dan ada beberapa faktor lain yang juga mempengaruhi ROP. Beberapa model empiris ROP yang dapat digunakan memerlukan parameter yang tidak selalu tersedia di lapangan operasi. Penelitian ini menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk memprediksi ROP. Menggunakan data tipe formasi dan parameter pengeboran sebagai input, model ini menghasilkan tingkat akurasi yang besar (R-square sekurang-kurangnya 0,8). Ini menunjukkan bahwa JST dapat menjadi alternatif yang lebih baik untuk menemukan parameter pengeboran yang optimal untuk mencapai ROP tertinggi.

**Kata kunci:** Laju penetrasi, Parameter pengeboran, Jaringan Saraf Tiruan

## 1. PENDAHULUAN

Harga minyak dunia turun secara tajam di akhir tahun 2013. Penurunan harga minyak dunia tersebut menyebabkan berkurangnya pendapatan industri *upstream* minyak dan gas secara drastis sehingga banyak proyek pengeboran dan produksi yang dibatalkan serta banyak karyawan yang meninggalkan industri ini. Terlebih lagi, biaya yang diperlukan dalam industri ini terus meningkat sejalan dengan meningkatnya kesulitan dalam memproduksi minyak dan gas bumi. Dalam dekade terakhir, pengeluaran modal naik 400% sementara produksi hanya meningkat 15% [1]. Untuk itu berbagai macam upaya untuk mengurangi biaya operasional pengeboran terus dilakukan oleh pelaku industri minyak dan gas.

Salah satu cara untuk menurunkan biaya pengeboran ialah dengan meningkatkan laju penetrasi pengeboran. Laju penetrasi pengeboran atau *Rate Of Penetration* (ROP) dapat diartikan sebagai kecepatan mata bor memecah formasi di bawahnya untuk memperdalam lubang sumur. ROP sangat mempengaruhi waktu operasi pengeboran karena ROP berhubungan langsung dengan *rotating time*. Dalam waktu operasi pengeboran, *rotating time* dapat memakan waktu hingga 30% dari total waktu operasi pengeboran. Dengan meningkatkan ROP maka proses pengeboran akan lebih cepat sehingga biaya yang dikeluarkan untuk menyewa peralatan pengeboran maupun *rig* pengeboran bisa berkurang.

ROP sangat dipengaruhi oleh banyak faktor seperti seperti faktor lingkungan (formasi batuan, ukuran lubang sumur, lumpur pengeboran), parameter pengeboran (beban pada mata bor, kecepatan putar, laju alir, hidrolika, dll) dan karakteristik dari mata bor yang digunakan. Parameter pengeboran dan mata bor merupakan parameter yang bisa dikontrol. Parameter pengeboran bisa diganti-ganti pada saat proses pengeboran berlangsung namun memiliki batasan minimum dan maksimum sesuai alat yang digunakan, desain sumur dan program pengeboran.

Parameter pengeboran dipilih oleh *driller* untuk menghasilkan ROP yang paling maksimum. Namun pemilihan parameter pengeboran yang optimum tidaklah mudah. Pada prakteknya di lapangan, *driller* akan mencatat parameter pengeboran yang digunakan dan ROP yang dihasilkan. Hal ini dilakukan melalui *trial and error*. Dari data tersebut kemudian *driller* menganalisis kecenderungan yang terjadi. Namun kemampuan yang baik dalam memprediksi ROP hanya dapat dicapai dengan memiliki banyak pengalaman pengeboran yang pada formasi yang sama dan memiliki faktor *human error yang tinggi*. Oleh karena itu, diperlukan metode yang dapat membantu *driller* untuk memahami dan menganalisis ROP serta menentukan ROP berdasarkan parameter pengeboran yang digunakan.

*Artificial Neural Network* atau Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah salah satu metode yang dapat membantu menemukan hubungan antara parameter input dan

parameter output tanpa menghasilkan korelasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan model JST yang dapat memprediksi laju penetrasi pengeboran. Menggunakan parameter pengeboran (beban pada mata bor, kecepatan putar, torsi, laju alir dan hidrolika pengeboran), mata bor dan formasi batuan sebagai parameter input, Jaringan Saraf Tiruan dapat digunakan untuk memprediksi laju penetrasi pengeboran.

## 2. DASAR TEORI

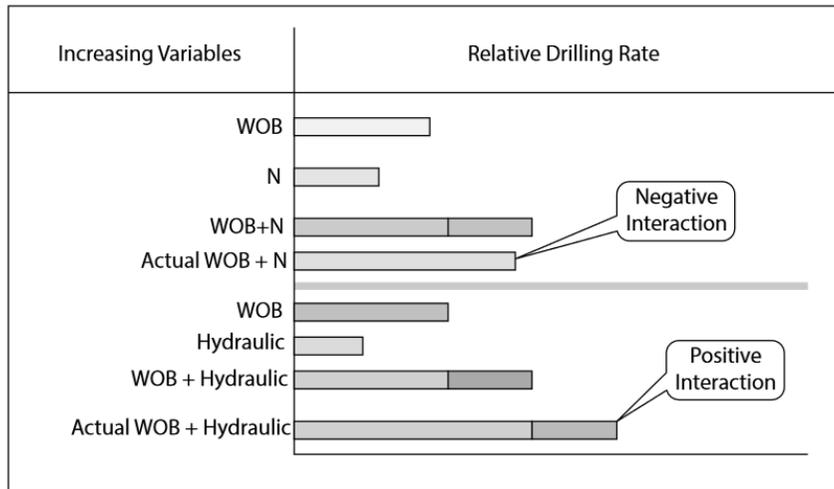
### 2.1 Laju Penetrasi Pengeboran

Laju penetrasi pengeboran atau *rate of penetration* (ROP) diukur melalui perubahan relatif dari posisi blok dalam suatu rentang waktu [2]. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi ROP bahkan mungkin ada beberapa faktor yang belum dikenali hingga saat ini. Faktor-faktor yang mempengaruhi ROP dapat dikelompokkan ke dalam dua kelompok yaitu faktor lingkungan dan faktor yang dapat dikendalikan (tabel 1).

**Tabel 1.** Faktor yang Mempengaruhi ROP [2]

Faktor Lingkungan	Faktor yang dapat dikendalikan
Kedalaman	<i>Bit Wear State</i>
Properti Formasi	Desain Mata Bor
Tipe Lumpur	Beban pada Mata Bor
Densitas Lumpur	Kecepatan Putar
Properti lain lumpur	Laju Alir
Tekanan Lumpur <i>Overbalance</i>	Hidrolika Mata Bor
Tekanan Lumpur Dasar Sumur	Ukuran <i>nozzle</i> Mata Bor
Ukuran Mata Bor	Geometri Motor/turbin

Tidak semua faktor yang dapat dikendalikan bisa dirubah saat proses pengeboran dilakukan. Desain mata bor, ukuran mata bor dan geometri motor harus ditentukan di awal pengeboran dan tidak akan diganti selama proses pengeboran dilakukan. Selama proses pengeboran dilakukan, *driller* hanya akan mengubah parameter pengeboran seperti beban pada mata bor, kecepatan putar dan laju alir untuk mendapatkan ROP yang maksimum.



**Gambar 1.** Interaksi Positif dan Negatif [2]

Namun hubungan antara masing – masing parameter pengeboran dengan ROP sulit untuk ditentukan. Gambar 1 menunjukkan efek interaksi parameter pengeboran pada ROP. Interaksi tersebut ada ketika nilai dua atau lebih variabel ditingkatkan dan tidak menghasilkan efek additif jika dibandingkan dengan efek individu.

Selain itu, belum adanya persamaan pasti yang menghubungkan faktor-faktor tersebut membuat ROP semakin kompleks untuk diprediksi. Beberapa pendekatan empiris (model ROP) dilakukan untuk memprediksi ROP berdasarkan faktor yang ada. Beberapa model ROP di antaranya ada *Maurer's Method*, *Galle and Woods' Method*, *Bingham Model*, *Bourgoyne and Young's Model*, *Warren's Model*, *Modified Warren's Model*, *Pessier and Fear Method*, dan *Osgouei Model*. Dari model ROP tersebut, *Bourgoyne and Young's Model* adalah salah satu model yang paling sering digunakan untuk mengestimasi ROP.

*Bourgoyne and Young's Model* [3] merupakan model yang digunakan untuk mengestimasi nilai ROP yang dibuat dari analisis regresi berganda dengan data pengeboran asli yang diambil dalam interval pendek. Model ini merupakan fungsi dari beberapa variabel seperti kekuatan formasi, kompaksi formasi, perbedaan tekanan sepanjang lubang sumur, diameter mata bor, beban pada mata bor, kecepatan putar, *bit wear*, dan hidrolika mata bor. Persamaan dibawah berikut merupakan model ROP yang dibuat oleh *Bourgoyne* dan *Young* [3]:

$$\frac{d}{dt}(ROP) = e^{(a_1 + \sum_{j=2}^8 a_j x_j)} \quad (1)$$

$$x_1 = 1.0 \quad (2)$$

$$x_2 = 10,000 - TVD \quad (3)$$

$$x_3 = TVD^{0.69}(g_P - 9.0) \quad (4)$$

$$x_4 = TVD(g_P - \rho_{ec}) \quad (5)$$

$$x_5 = \ln \left\{ \frac{\left( \frac{WOB}{d_b} - \left( \frac{WOB}{d_b} \right)_t \right)}{4.0 - \left( \frac{WOB}{d_b} \right)_t} \right\} \quad (6)$$

$$x_6 = \ln \left\{ \frac{N}{100} \right\} \quad (7)$$

$$x_7 = -h \quad (8)$$

$$x_8 = \ln \left\{ \frac{\rho_m Q}{350 \mu d_n} \right\} \quad (9)$$

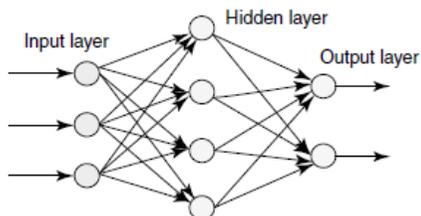
$$\frac{d}{dt}(ROP) = e^{\left[ a_1 + a_2(10000 - TVD) + a_3 TVD^{0.69}(g_P - 9.0) + a_4 TVD(g_P - \rho_{ec}) + a_5 \ln \left\{ \frac{\left( \frac{WOB}{d_b} - \left( \frac{WOB}{d_b} \right)_t \right)}{4.0 - \left( \frac{WOB}{d_b} \right)_t} \right\} + a_6 \ln \left\{ \frac{N}{100} \right\} + a_7(-h) + a_8 \ln \left\{ \frac{\rho_m Q}{350 \mu d_n} \right\} \right]} \quad (10)$$

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa banyak sekali parameter yang diperlukan, sedangkan banyak dari parameter tersebut yang belum tentu tersedia di lapangan. Sebuah penelitian oleh M. Bataee, S. Irawan dan M. Kamyab menemukan bahwa model ini cukup cocok dengan data sumur aktual dengan kesalahan dan deviasi ROP yang lebih rendah dibanding model Bingham dan Warren, namun tetap memiliki nilai R yang cukup jauh dari 1 yaitu 40.46% [4].

## 2.2 Artificial Neural Network (JARINGAN SARAF TIRUAN)

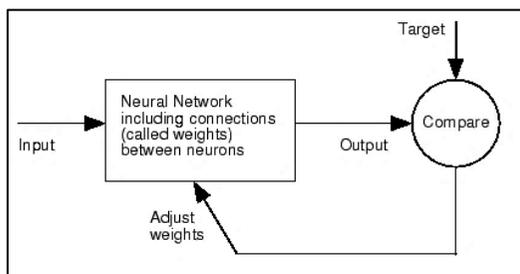
*Artificial Neural Network* atau Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah model matematika yang memiliki kemampuan untuk belajar, melatih dan membuat kesimpulan berdasarkan data yang disajikan. Model matematika ini meniru sistem saraf biologis otak manusia, karenanya disebut JST.

JST terdiri dari lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan keluaran (*output layer*) seperti yang terlihat pada gambar 2. Lapisan *input* adalah parameter utama yang mempengaruhi nilai lapisan keluaran. Lapisan tersembunyi (*hidden layer*) adalah lapisan tidak terlihat dia antaranya.



**Gambar 2.** Jaringan Saraf Tiruan [5]

Gambar 3 menunjukkan penjelasan sederhana cara kerja JST. JST memiliki kemampuan untuk belajar dan berlatih, untuk mencocokkan antara *output* dan target. Dalam model matematika yang disederhanakan dari neuron, efek dari sinapsis direpresentasikan dengan *connection weights* yang memodulasi efek dari sinyal input terkait, dan karakteristik nonlinear yang ditunjukkan oleh neuron direpresentasikan oleh fungsi transfer [6]. Dengan menyesuaikan perubahan *weights* dan *bias* berdasarkan algoritma pembelajaran, JST dapat belajar beradaptasi dengan target.

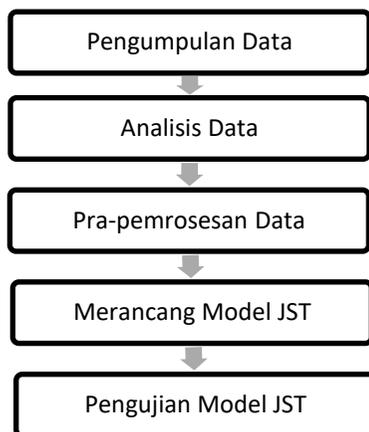


**Gambar 3.** Neural Networks Typical Connections [6]

Keberhasilan Model JST dapat dinilai dengan membandingkan hasil prediksi dan data aktual atau target. Nilai yang lebih dekat antara data prediksi dan data aktual menunjukkan kinerja yang baik dari Model JST.

### 3. METODOLOGI DAN PEMBAHASAN

Gambar 4 menunjukkan metodologi penelitian yang dilakukan. Metodologi penelitian terdiri dari pengumpulan data, analisis data, pra-pemrosesan data, perancangan model JST dan pengujian model.



**Gambar 4.** Metodologi Penelitian

Langkah pertama dari penelitian ini adalah pengumpulan data. Data dikumpulkan dari lapangan X. Sumur di lapangan X dibor dengan trajektori vertikal. Ukuran lubang sumur dari paling besar ke kecil yaitu 24", 17.5", 12.25", 8.5" dan 6". Data dikumpulkan dari 6 sumur yang dibor. Keenam sumur yang dibor ini memiliki karakteristik formasi yang identik sehingga valid untuk dilakukan pemodelan. Data drilling parameter yang diambil hanya dari 12 ¼" *hole section*. Hal ini dilakukan karena interval ini merupakan bagian lubang sumur yang paling panjang untuk dibor (sekitar 2100 m), selain itu pada interval ini tidak terdapat zona produksi minyak maupun zona tekanan abnormal, sehingga tidak perlu dilakukan pengendalian laju penetrasi. Pada bagian lubang lainnya, perlu dilakukan pengendalian laju penetrasi (ROP) karena pada interval 8.5" terdapat zona tekanan abnormal sedangkan pada interval 6" terdapat zona produksi. Laju penetrasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kualitas lubang pada zona produksi menjadi kurang baik.

Lembar parameter pengeboran, laporan informasi mata bor yang digunakan dan data formasi dikumpulkan dari masing-masing sumur. 9285 dataset yang terkumpul dibagi menjadi 3; data *training*, data *validation* dan data *testing*.

Langkah selanjutnya adalah menganalisis dan memilih data yang akan digunakan sebagai *input* dari model JST. Dalam menghasilkan Model JST untuk prediksi ROP, penentuan parameter yang akan dijadikan input perlu dilakukan. Berdasarkan data yang tersedia di lapangan dan faktor yang berpengaruh terhadap ROP (tabel 1) maka data yang digunakan sebagai *input* parameter yaitu:

1. Jenis formasi
2. Kedalaman
3. Beban pada mata bor atau *Weight on Bit* (WOB)

4. Kecepatan Alir (*flow rate*)
5. Tekanan *Standpipe*
6. Kecepatan putar atau rotating speed (RPM)
7. Torsi
8. Densitas lumpur pengeboran

Semua sumur menggunakan jenis dan ukuran mata bor yang sama yaitu *Polycrystalline Diamond Compact (PDC) bit*. Oleh karena itu data mata bor tidak dimasukkan sebagai *input* di JST. Data yang digunakan sebagai *output* model JST hanya 1 yaitu ROP. Tabel 2 menunjukkan distribusi statistik dari data yang digunakan.

**Tabel 2.** Distribusi Statistik Data

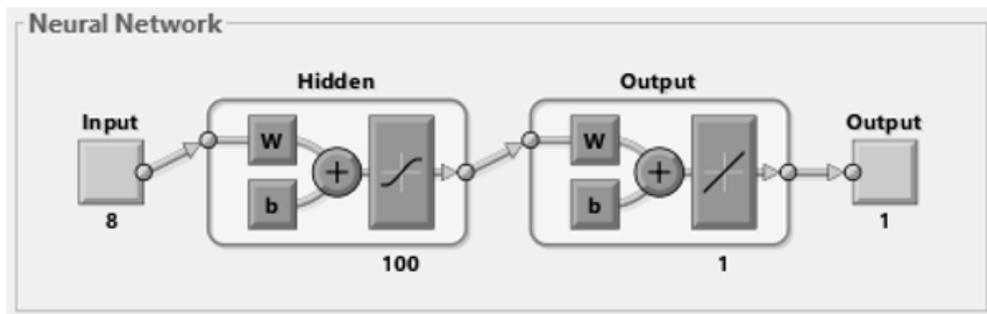
	Kode Formasi	Kedalaman	Beban pada mata bor	Laju Alir	Tekanan <i>Standpipe</i>
	[ <i>dimensionless</i> ]	[meter]	[ton]	[gpm]	[psi]
Nilai Maksimum	10	2595	160	1741.3	4416
Nilai Minimum	1	428	0	0	547
Jarak	9	2167	160	1741.3	3869
Median	5	1447	11	782.2	3409
	Kecepatan Putar	Torsi	Densitas Fluida	Laju Penetrasi	
	[rpm]	[lb ft]	[ppg]	[meter / jam]	
Nilai Maksimum	13851	19822	12.049	309.1	
Nilai Minimum	57	0	8.25	3.1	
Jarak	13794	19822	3.799	306	
Median	151	9194	11	78.3	

Kemudian data memasuki tahap pra-pemrosesan. Pra-pemrosesan data adalah proses mentransformasikan data menjadi kompatibel untuk JST. Dalam tahap pra-pemrosesan data dilakukan normalisasi nilai numerik. Normalisasi nilai numerik atau normalisasi data diperlukan karena JST memiliki rentang nilai operasi yang terbatas. Dan tidak semua dataset memiliki rentang yang sama. Dalam pra-pemrosesan data, data ditransformasikan menjadi rentang -1 hingga 1. Nilai maksimum ditransformasikan menjadi satu dan nilai minimum ditransformasikan menjadi -1. Selain itu pada tahap ini data – data anomali dibuang.

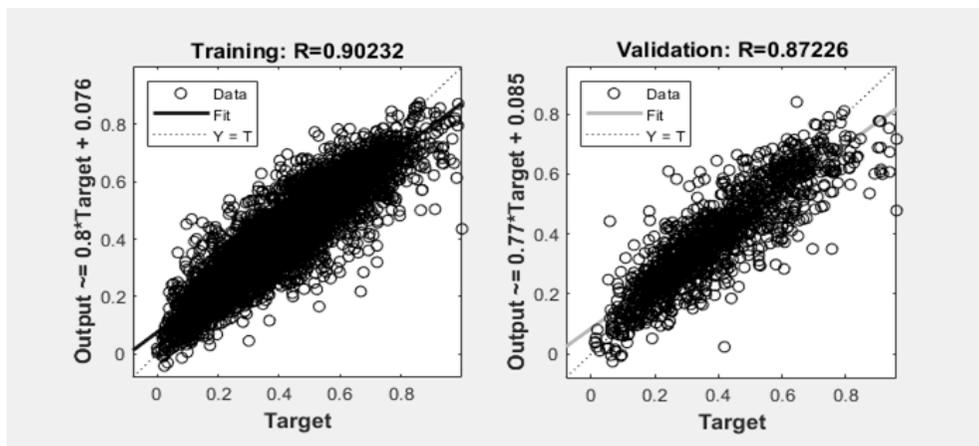
Setelah semua data melalui tahap pra-pemrosesan, langkah selanjutnya adalah mendesain model JST. Model JST didesain dengan 1 *hidden layer*. Jumlah neuron yang digunakan di hidden layer ditentukan dengan proses iterasi dan *trial and error*.

Kemudian *network wight* pada model akan disesuaikan pada proses *training*. Training dilakukan dengan menggunakan algoritma Levenberg-Marquardt. Selanjutnya *parameter tuning* dilakukan menggunakan data *validation*. Model JST yang dipilih adalah model yang menghasilkan korelasi (nilai-R) yang mendekati 1. Kedua hal tersebut menunjukkan bahwa model JST memiliki kinerja yang baik.

Optimasi model dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi jumlah neuron di *hidden layer*. Berdasarkan optimasi tersebut maka didapatkan model paling baik menggunakan 100 neuron pada hidden layer (gambar 5). Model tersebut menghasilkan korelasi (nilai-R) 0.9 untuk data *training* dan 0.877 untuk data *validation* (gambar 6).



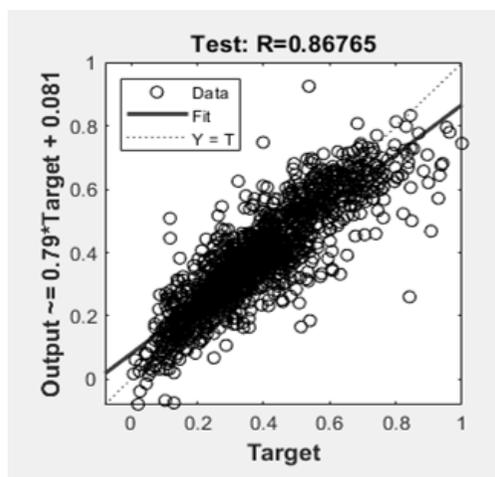
Gambar 5. JST Model



Gambar 6. Nilai R data *training* dan *validation*

Setelah model JST dihasilkan, model JST diuji dengan menggunakan data *testing*. Data *testing* tersebut tidak pernah dikenali oleh model JST sebelumnya. Hasil prediksi dari model JST dibandingkan dengan ROP sebenarnya di lapangan. Dari

perbandingan tersebut didapatkan nilai korelasi (nilai-R) sebesar 0.86 (gambar 7). Dari hasil ini menunjukkan bahwa model JST yang dibuat menunjukkan kemampuan yang baik dalam melakukan prediksi data ROP.



**Gambar 7.** Nilai R data *testing*

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Model JST berhasil dibuat dan divalidasi dengan memprediksi laju penetrasi. Model JST yang dirancang dan dihasilkan dari data lapangan X menunjukkan hasil yang baik dalam memprediksi laju penetrasi. JST terbukti bisa menjadi metode untuk membantu *driller* memprediksi ROP dari parameter pengeboran yang digunakan di lapangan. Dengan prediksi tersebut *driller* bisa melakukan optimasi pemilihan parameter pengeboran untuk mendapatkan ROP yang maksimum dan menurunkan biaya pengeboran.

Beberapa rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut yaitu model JST dapat dibuat dengan berbagai data sumur dari lapangan lain. Hal ini dilakukan sehingga model JST tersebut dapat digunakan tidak terbatas hanya untuk satu lapangan. Selain itu penelitian ini bisa dilanjutkan ke penelitian tentang optimasi parameter pengeboran menggunakan data hasil prediksi ROP menggunakan JST. Hal ini memungkinkan *driller* untuk melakukan penyesuaian parameter pengeboran dan mendapatkan ROP yang maksimal sesuai kondisi saat pengeboran.

## 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Pertamina dan PT. Pertamina Internasional EP yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Rassenfoss dan A. Henni, "Low Oil Prices Make Innovation a Priority," *Journal of Petroleum Technology*, vol. 67, no. 02, pp. 56-61, 2015.
- [2] M. E. Hossain dan A. A. Al-Majed, *Fundamentals of Sustainable Drilling Engineering*, Beverly: Scrivener Publishing, 2015.
- [3] A. Bourgoyne dan F. Young, "A Multiple Regression Approach to Optimal Drilling and Abnormal Pressure Detection," *Society of Petroleum Engineers Journal*, vol. 14, no. 04, pp. 371-384, 1974.
- [4] M. Bataee, S. Irawan dan M. Kamyab, "Artificial Neural Network Model for Prediction of Drilling Rate of Penetration and Optimization of Parameters," *Journal of the Japan Petroleum Institute*, vol. 56, no. 2, pp. 65-70, 2014.
- [5] A. Abraham, "Artificial Neural Networks," dalam *Handbook of Measuring System Design*, Oklahoma, John Wiley & Sons, 2005, pp. 901-908.
- [6] H. Demuth dan M. Beale, "Neural Network Toolbox For Use With MATLAB", The MathWorks, 2002.

## RUMUSAN KONSEPTUAL NERACA MASSA SEBAGAI ALTERNATIF UNTUK MONITORING LAJU MASSA PRODUKSI DI TITIK SEPARATOR FLUIDA DUA FASA PANASBUMI

*Basith Furqon Prasetyo Hadi*

Universitas Pertamina

*E-mail: basithfurqon@gmail.com*

### **ABSTRACT**

*In geothermal fluid transportation using piping network, fluid parameter monitoring is certainly important, such as pressure and temperature measurement, flow rate or mass rate measurement, and chemical composition determination. Measuring tools are used for monitoring purpose and usually having several constraints. Rather than using difficult measuring tools to analyze geothermal fluid mass rate in the separator, we can calculate by using mass balance theory, which is correlating the concentration of some chemical components on geothermal fluid with its mass rate. It is expected that this way of calculation will provide an easier way than using measuring tools.*

**Keywords:** *Geothermal, Mass Balance, Monitoring*

### **ABSTRAK**

*Dalam suatu operasi transportasi fluida panasbumi menggunakan jaringan pipa, sangat penting adanya monitoring parameter, seperti penentuan tekanan dan temperatur, penentuan laju massa atau laju alir fluida serta komposisi kimia fluida yang mengalir. Alat ukur digunakan dalam upaya monitoring dan biasanya memiliki beberapa batasan. Dibandingkan dengan menggunakan alat ukur yang sulit digunakan untuk mengukur laju massa di separator, penentuan laju massa dapat menggunakan konsep neraca massa, yaitu mengorelasikan banyaknya suatu komponen tertentu yang terkandung dalam fluida dengan jumlah laju massa fluida. Diharapkan konsep ini dapat dijadikan suatu alternatif perhitungan laju massa fluida yang lebih mudah daripada menggunakan alat ukur.*

**Kata kunci:** *Panasbumi, Neraca Massa, Monitoring*

## 1. PENDAHULUAN

Dalam operasi transportasi fluida panasbumi menggunakan jaringan pipa, *monitoring* parameter fluida merupakan suatu hal yang perlu dilakukan untuk menjamin kelancaran dan keamanan operasi tersebut yang selanjutnya akan digunakan dalam aspek manajemen. Parameter yang biasanya diperhatikan antara lain tekanan, suhu/temperatur, laju massa/laju alir, serta komposisi dan sifat kimia dari fluida. Adapun untuk mengukur parameter tersebut dilakukan menggunakan alat ukur seperti *pressure gauge/sensor* untuk mengukur tekanan, *thermometer* untuk mengukur suhu/temperatur serta *flowmeter* atau *orifice meter* untuk mengukur laju alir / laju massa fluida.

Namun pada kenyataannya, penggunaan alat ukur tersebut bisa saja menemui kendala atau bahkan tidak dapat dilakukan. Penyebabnya berbagai macam, mulai dari spesifikasi alat, kondisi jaringan pipa, serta kondisi dan komposisi fluida yang berpotensi mempengaruhi kinerja alat. Potensi masalah-masalah yang dihadapi dapat berupa terjadinya korosi, pembentukan kerak (*scale*), serta pola aliran yang merusak (biasanya pola aliran dua fasa *slug flow*). Dari berbagai macam sebab tersebut, maka tidak jarang alat ukur yang ada mengalami kegagalan (*failure*) atau kerusakan. Di sisi lain, *monitoring* parameter fluida harus tetap berjalan untuk mengetahui kondisi terkini dan pencegahan terhadap potensi bahaya yang dapat terjadi.

Kajian akan difokuskan pada salah satu titik yang dinilai cukup penting, yaitu analisa laju massa fluida di titik separator pembangkit listrik. Fluida yang keluar dari sumur panasbumi akan dipisahkan antara fasa uap (*steam/vapor*) dan fasa cair (*liquid/brine*) oleh separator. Fasa uap yang telah dipisahkan dari fluida keluaran sumur akan dikirim ke turbin untuk memutar sudu (*blade*) dari turbin sehingga turbin dapat menghasilkan listrik. Sedangkan untuk fasa cair (*liquid/brine*) biasanya akan diinjeksi kembali ke dalam reservoir panasbumi untuk mengembalikan massa reservoir yang hilang. Oleh sebab itu, laju massa di titik separator dapat dijadikan gambaran atau patokan keberhasilan suatu sumur atau lapangan dalam menghasilkan energi.

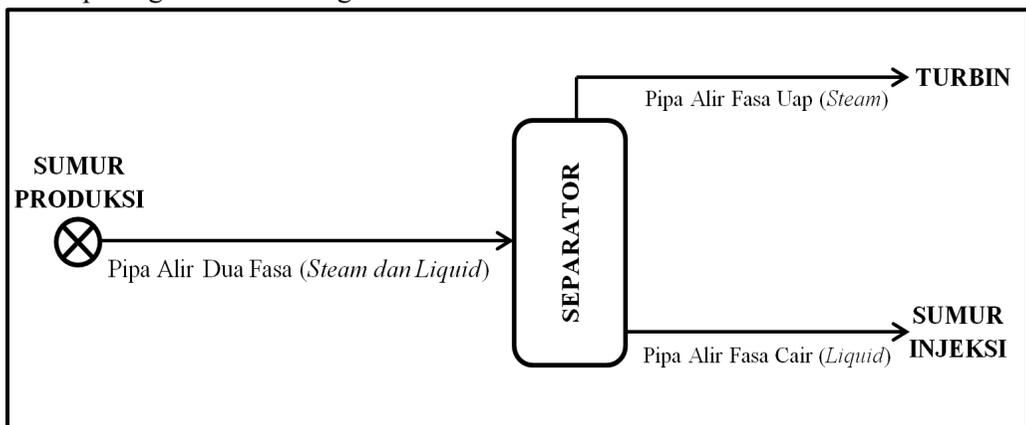
## 2. DASAR TEORI DAN PERANCANGAN

### 2.1. Transportasi Fluida Dua Fasa Panasbumi

Fluida panasbumi yang dimanfaatkan kebanyakan berasal dari sistem hidrothermal, dimana pada sistem ini pori-pori batuan mengandung air dan/atau uap, dan reservoir panasbumi tersebut umumnya letaknya tidak terlalu dalam sehingga masih ekonomis untuk diusahakan. Fluida panasbumi yang telah diproduksi memiliki energi panas yang dapat dimanfaatkan, seperti untuk menghasilkan energi listrik. Hal

ini dimungkinkan oleh suatu sistem konversi energi fluida panas bumi (*geothermal power cycle*) yang mengubah energi panas dari fluida menjadi energi listrik.

Untuk menghasilkan energi listrik, fluida panasbumi yang digunakan adalah fluida panasbumi yang berupa fasa uap (*steam/vapor*) yang nantinya fluida panasbumi tersebut akan dialirkan menuju turbin dan akan memutar turbin penghasil energi listrik. Pada sumur panasbumi yang menghasilkan fluida dua fasa, yaitu fasa uap (*steam/vapor*) dan fasa cair (*liquid/brine*), fluida panasbumi tersebut harus dipisahkan terlebih dahulu sehingga fasa uap dapat terpisahkan. Adapun proses separasi / pemisahan fluida dua fasa panasbumi menggunakan alat berupa separator dan dapat digambarkan sebagai Gambar 1.



**Gambar 1.** Skema Aliran Fluida Dua Fasa Panasbumi sebelum Dialirkan ke Turbin

Pada proses pemisahan fluida melalui separator ini, berlaku persamaan neraca panas sebagai berikut:

$$h_{VL} = x_{sep} \cdot h_{g,sep} + (1-x_{sep}) \cdot h_{f,sep} \quad (1)$$

atau

$$h_{VL} = h_{f,sep} + x_{sep} \cdot h_{fg,sep} \quad (2)$$

dengan

$$x_{sep} = \frac{M_{Vsep}}{M_{Tsep}} \text{ atau } \frac{M_{Vsep}}{M_{Vsep} + M_{Lsep}} \quad (3)$$

keterangan:

$h_{f,sep}$  = entalpi *liquid water* kondisi separator (kJ/kg)

$h_{fg,sep}$  = entalpi *latent water* kondisi separator (kJ/kg)

$h_{g,sep}$  = entalpi *steam water* kondisi separator (kJ/kg)

$h_{VL}$  = entalpi total pada pipa alir dua fasa (kJ/kg)

$M_L$  = Massa fasa cair (*liquid*) keluaran separator (kg/s atau ton/jam)

$M_T$  = Massa total sistem fluida masukan separator (kg/s atau ton/jam)

$M_v$  = Massa fasa uap (*vapor*) keluaran separator (kg/s atau ton/jam)

$x_{sep}$  = *dryness fraction* kondisi separator

Biasanya, untuk menentukan dan memonitor laju massa fluida produksi di titik keluaran separator secara riil digunakanlah sebuah alat ukur. Alat ukur tersebut dapat berupa *flowmeter* atau *orifice meter* yang biasanya dipasang pada pipa alir fluida keluaran separator. Dengan diketahuinya laju massa fluida yang keluar dari separator, maka fluida keluaran sumur panasbumi dapat ditentukan dengan menjumlahkan laju massa yang ada di pipa alir fasa uap dan pipa alir fasa cair.

## 2.2. Kandungan Kimia Fluida Panasbumi

Fluida panasbumi yang mencapai permukaan mengandung beberapa unsur atau senyawa karena sifat fluida panasbumi yang melarutkan unsur disekitarnya. Beberapa unsur atau senyawa ini biasanya digunakan untuk kepentingan analisa mendalam, seperti sumber fluida, jenis batuan, interaksi fluida dengan lingkungan sekitar, tingkat “maturasi” suatu sistem panasbumi, atau perkiraan temperatur (*geothermometer*) pada tahap survey awal. Sedangkan pada kondisi fluida panasbumi yang akan atau sudah diproduksi, unsur atau senyawa ini biasanya dijadikan pertimbangan alat yang digunakan dan perawatan (*maintenance*) yang perlu dilakukan agar proses produksi tetap berjalan dengan lancar serta analisa potensi masalah yang mungkin terjadi.

Salah satu sifat senyawa kimia adalah memiliki kecenderungan untuk terlarut ketika mencapai suatu bentuk fasa tertentu. Hal ini dapat dijadikan acuan untuk menganalisa fasa secara lebih spesifik. Contoh senyawa kimia yang merupakan kandungan fluida panasbumi yang terlarut pada fasa tertentu dapat dilihat di Tabel 1 dibawah ini:

**Tabel 1.** Contoh Senyawa atau Unsur Kimia yang Terkandung dalam Fluida Panasbumi

Larut dalam Cairan ( <i>Liquid</i> )	Larut dalam Uap ( <i>Steam</i> )
Na <sup>+</sup>	CO <sub>2</sub>
K <sup>+</sup>	N <sub>2</sub>
Li <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> S
Cl <sup>-</sup>	H <sub>2</sub>
F <sup>-</sup>	CH <sub>4</sub>
Ca <sup>2+</sup>	
Mg <sup>2+</sup>	
SiO <sub>2</sub>	

### 2.3. Neraca Massa

Neraca massa adalah suatu perhitungan yang tepat dari semua bahan-bahan yang masuk, yang terakumulasi dan yang keluar dalam waktu tertentu. Pernyataan tersebut sesuai dengan hukum kekekalan massa yang menyatakan bahwa massa tak dapat dijelmakan atau dimusnahkan [1] dan hukum termodinamika pertama yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan tetapi hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain [2]. Persamaan umum untuk neraca massa dengan mempertimbangkan tidak ada massa yang hilang saat adanya suatu proses adalah:

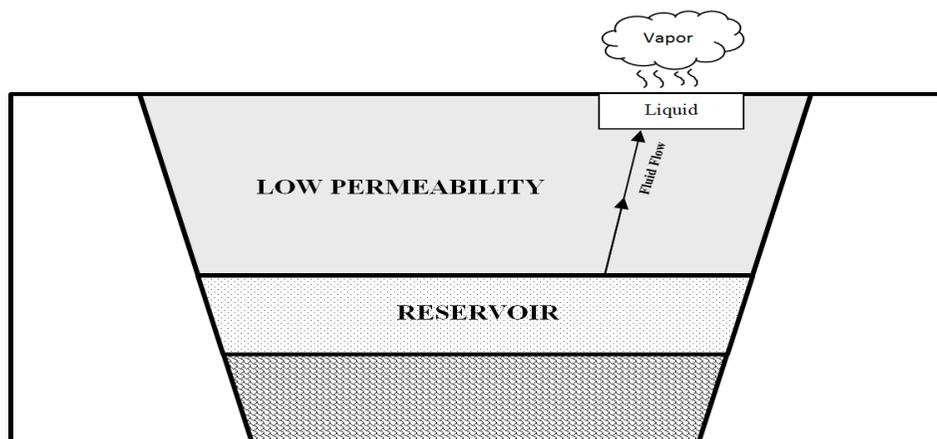
$$\text{Massa Masuk} = \text{Massa Keluar} + \text{Massa Terkumulasi} \quad (4)$$

Apabila tidak ada massa yang terakumulasi, maka persamaan menjadi:

$$\text{Massa Masuk} = \text{Massa Keluar} \quad (5)$$

Konsep neraca massa ini dapat digunakan untuk berbagai aspek dan bidang, termasuk analisa fluida panasbumi yang mengalir dari reservoir ke permukaan.

Saat fluida terakumulasi pada batuan reservoir dan mendapatkan suatu paparan temperatur dan tekanan, maka senyawa atau unsur kimia volatil seperti CO<sub>2</sub> akan terkonsentrasi di fasa uap yang terpisah, sedangkan senyawa atau unsur kimia *solute* seperti Cl<sup>-</sup> akan tertinggal dan terkonsentrasi di air [3]. Konsep neraca massa dapat menginterpretasi konsentrasi suatu senyawa atau unsur kimia terlarut di reservoir dengan data konsentrasi senyawa atau unsur kimia terlarut di fluida panasbumi yang merembes sampai permukaan.



**Gambar 2.** Skema Rembesan Fluida Panasbumi dari Reservoir Panasbumi ke Permukaan

$$C_{i,res} = x C_{i,V} + (1 - x) C_{i,L} \quad (6)$$

$$x = \frac{M_V}{M_T} \text{ atau } \frac{M_V}{M_V + M_L} \quad (7)$$

dengan catatan

$$M_T = M_V + M_L \quad (8)$$

keterangan :

$C_{i,L}$  = konsentrasi massa unsur/senyawa “i” pada fasa cair (*liquid*) yang terpisah (mg/kg)

$C_{i,res}$  = konsentrasi massa unsur/senyawa “i” pada fluida reservoir (mg/kg)

$C_{i,V}$  = konsentrasi massa unsur/senyawa “i” pada fasa uap (*vapor*) yang terpisah (mg/kg)

$M_L$  = massa atau laju massa fasa cair / *liquid* (kg/s atau ton/jam)

$M_T$  = massa total atau laju massa total sistem fluida (kg/s atau ton/jam)

$M_V$  = massa atau laju massa fasa uap / *vapor* (kg/s atau ton/jam)

$x$  = *dryness fraction*

Apabila menentukan konsentrasi unsur atau senyawa ( $C_i$ ) dilakukan dengan perhitungan laju massa fluida, maka Persamaan (7) dan (8) dapat dimasukkan ke Persamaan (6) menjadi:

$$M_T C_{i,res} = M_T \frac{M_V}{M_T} C_{i,V} + M_T \left(1 - \frac{M_V}{M_T}\right) C_{i,L} \quad (9)$$

$$M_T C_{i,res} = M_V C_{i,V} + (M_T - M_V) C_{i,L} \quad (10)$$

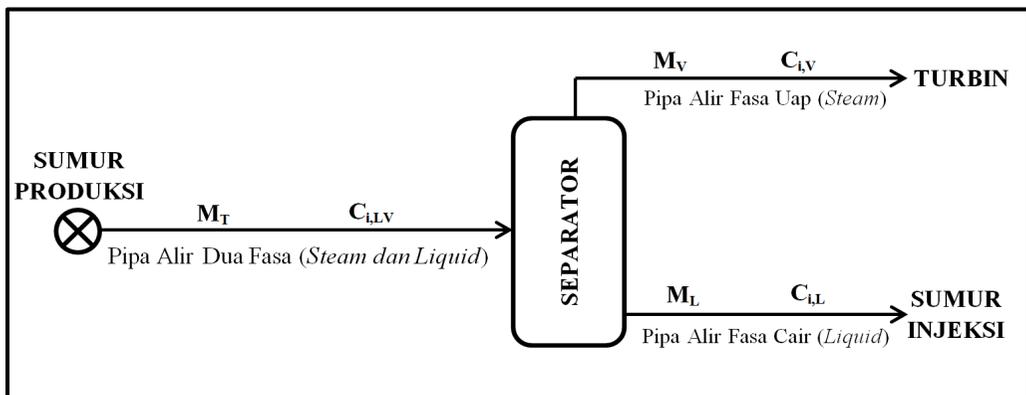
atau

$$M_T C_{i,res} = M_V C_{i,V} + M_L C_{i,L} \quad (11)$$

## 2.4. Konsep Neraca Massa dalam Penentuan Laju Massa pada Separator

Dalam penentuan laju massa menggunakan neraca massa, perlu diperhatikan bahwa unsur atau senyawa di dalam fluida yang mengalir tersebut harus mempunyai massa yang konstan, mulai dari keluaran sumur produksi hingga keluaran separator. Maka dari itu, perlu adanya penentuan jenis unsur atau senyawa kimia yang sesuai dengan kondisi aliran di pipa untuk dianalisa.

Dengan separasi aliran dua fasa di media pipa seperti Gambar 1 dengan adanya pemisahan fasa seperti pada Gambar 2, maka dapat digambarkan kondisi dan komposisi aliran dari sumur panasbumi adalah sebagai Gambar 3.



Gambar 3. Skema Kondisi Separasi Aliran Dua Fasa dengan Kandungan Kimianya

Untuk memenuhi kondisi dalam menggunakan neraca massa, yaitu massa unsur atau senyawa dalam fluida harus memiliki jumlah yang sama, tetap, tidak berubah mulai

dari keluaran sumur produksi hingga keluaran separator, maka dalam rumusan ini terdapat beberapa asumsi dan batasan parameter:

- Unsur atau senyawa dalam fluida tidak mengalami reaksi dengan unsur lain dalam aliran.
- Unsur atau senyawa dalam fluida tidak mengalami perubahan kelarutan dalam kondisi aliran.
- Unsur atau senyawa dalam fluida dianggap tersebar secara merata.
- Aliran fluida tidak menengggalkan sistem aliran.
- Semua konsentrasi unsur atau senyawa pada pipa alir sudah diketahui.
- Salah satu dari laju massa fluida yaitu laju massa dua fasa masuk separator, laju massa fasa uap/gas keluar separator atau laju massa fasa cair keluar separator sudah diketahui.

sehingga perhitungan neraca massa pada sistem Gambar 3 dapat dituliskan menjadi:

$$M_T C_{i,LV} = M_V C_{i,V} + M_L C_{i,L} \quad (12)$$

dengan catatan

$$M_T = M_V + M_L \quad (13)$$

keterangan :

- $C_{i,L}$  = konsentrasi massa unsur/senyawa “i” dalam pipa alir fasa cair (mg/kg)  
 $C_{i,LV}$  = konsentrasi massa unsur/senyawa “i” dalam pipa alir dua fasa (mg/kg)  
 $C_{i,V}$  = konsentrasi massa unsur/senyawa “i” dalam pipa alir fasa uap (mg/kg)  
 $M_L$  = laju massa fluida dalam pipa alir fasa cair (kg/s atau ton/jam)  
 $M_T$  = laju massa fluida total dalam pipa alir dua fasa (kg/s atau ton/jam)  
 $M_V$  = laju massa fluida dalam pipa alir fasa uap (kg/s atau ton/jam)

Menggunakan Persamaan (12) dengan memasukkan Persamaan (13), maka didapatkan persamaan untuk menemukan laju massa fluida dengan variable dua laju massa fluida sebagai berikut:

$$M_T C_{i,LV} = (M_T - M_L) C_{i,V} + M_L C_{i,L} \quad (14)$$

$$M_T C_{i,LV} = M_V C_{i,V} + (M_T - M_V) C_{i,L} \quad (15)$$

Apabila yang diketahui hanyalah laju massa pada pipa alir fasa cair, maka Persamaan (13) dan Persamaan (14) dapat diturunkan menjadi Persamaan (17) untuk

menentukan laju massa pipa alir dua fasa dan/atau Persamaan (20) untuk menentukan laju massa pipa alir fasa uap:

$$M_T (C_{i,LV} - C_{i,V}) = M_L (C_{i,L} - C_{i,V}) \quad (16)$$

$$M_T = \frac{M_L (C_{i,L} - C_{i,V})}{(C_{i,LV} - C_{i,V})} \quad (17)$$

$$M_V = M_T - M_L \quad (18)$$

$$M_V = \frac{M_L (C_{i,L} - C_{i,V})}{(C_{i,LV} - C_{i,V})} - M_L \quad (19)$$

$$M_V = M_L \left( \frac{(C_{i,L} - C_{i,V})}{(C_{i,LV} - C_{i,V})} - 1 \right) \quad (20)$$

Sedangkan jika yang diketahui hanyalah laju massa pipa alir fasa uap, maka Persamaan (13) dan Persamaan (15) dapat diturunkan menjadi Persamaan (22) untuk menentukan laju massa pipa alir dua fasa dan/atau Persamaan (25) untuk menentukan laju massa pipa alir fasa cair:

$$M_T (C_{i,LV} - C_{i,L}) = M_V (C_{i,V} - C_{i,L}) \quad (21)$$

$$M_T = \frac{M_V (C_{i,V} - C_{i,L})}{(C_{i,LV} - C_{i,L})} \quad (22)$$

$$M_L = M_T - M_V \quad (23)$$

$$M_L = \frac{M_V (C_{i,V} - C_{i,L})}{(C_{i,LV} - C_{i,L})} - M_V \quad (24)$$

$$M_L = M_V \left( \frac{(C_{i,V} - C_{i,L})}{(C_{i,LV} - C_{i,L})} - 1 \right) \quad (25)$$

Adapun bila ditentukan laju pipa dua fasa terlebih dahulu (bisa dilakukan dengan anggapan bahwa laju pipa alir dua fasa pada tekanan kepala sumur sesuai dengan plot *output curve*), maka Persamaan (13) dan Persamaan (16) dapat diturunkan menjadi Persamaan (26) untuk menentukan laju massa pipa alir fasa cair dan/atau Persamaan (29) untuk menentukan laju massa pipa alir fasa uap:

$$M_L = \frac{M_T (C_{i,LV} - C_{i,V})}{(C_{i,L} - C_{i,V})} \quad (26)$$

$$M_V = M_T - M_L \quad (27)$$

$$M_V = M_T - \frac{M_T (C_{i,LV} - C_{i,V})}{(C_{i,L} - C_{i,V})} \quad (28)$$

$$M_V = M_T \left( 1 - \frac{(C_{i,LV} - C_{i,V})}{(C_{i,L} - C_{i,V})} \right) \quad (29)$$

atau Persamaan (13) dan Persamaan (21) menjadi Persamaan (30) untuk menentukan laju massa pipa alir fasa uap dan/atau Persamaan (33) untuk menentukan laju massa pipa alir fasa cair:

$$M_V = \frac{M_T (C_{i,LV} - C_{i,L})}{(C_{i,V} - C_{i,L})} \quad (30)$$

$$M_L = M_T - M_V \quad (31)$$

$$M_L = M_T - \frac{M_T (C_{i,LV} - C_{i,L})}{(C_{i,V} - C_{i,L})} \quad (32)$$

$$M_L = M_T \left( 1 - \frac{(C_{i,LV} - C_{i,L})}{(C_{i,V} - C_{i,L})} \right) \quad (33)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam kajian panasbumi sebagai pembangkit listrik, fluida panasbumi mempunyai peranan penting dalam menghasilkan energi. Untuk menghasilkan energi listrik sendiri melalui Pembangkit Listrik Tenaga Panasbumi (PLTP), fluida yang digunakan adalah fluida uap yang nantinya fluida uap tersebut akan digunakan untuk memutar sudu turbin pembangkit listrik. Fluida uap untuk memutar turbin berasal dari pemisahan fluida keluaran sumur panasbumi yang dipisahkan di separator. Mengingat pentingnya produksi fasa uap tersebut, maka dilakukan *monitoring* laju massa fluida yang mengalir di sistem pemipaan.

Konsep neraca massa dinilai cukup fleksibel untuk diterapkan di berbagai bidang, tidak terkecuali untuk bidang panasbumi. Konsep neraca massa cukup potensial untuk digunakan dalam *monitoring*, seperti menentukan laju massa fluida masuk separator dan laju massa fluida keluaran separator. Dengan mengolah persamaan yang diambil dari persamaan neraca massa fluida panasbumi saat fluida

tersebut merembes/ mengalir dari reservoir ke permukaan, beberapa rumus dapat diformulasikan dengan mengasumsikan massa unsur atau senyawa yang ada di dalam fluida panasbumi adalah tetap serta parameter konsentrasi unsur atau senyawa yang masuk dan keluar separator diketahui:

1. Apabila hanya diketahui data laju massa dalam pipa alir fasa cair, maka dapat menggunakan Persamaan (17) untuk mencari laju massa total pada pipa dua fasa dan Persamaan (20) untuk mencari laju massa pada pipa alir fasa uap.
2. Apabila hanya diketahui data laju massa dalam pipa alir fasa uap, maka dapat menggunakan Persamaan (22) untuk mencari laju massa total pada pipa alir dua fasa dan Persamaan (25) untuk mencari laju massa pada pipa alir fasa cair.
3. Apabila hanya diketahui data laju massa pipa dua fasa masuk ke separator (dapat ditentukan dengan menganggap keluaran sumur sesuai dengan plot *output curve*), maka laju massa pipa alir fasa cair dapat menggunakan Persamaan (26) atau Persamaan (33) dan laju massa alir pipa uap dapat menggunakan Persamaan (29) atau Persamaan (30).

Selain untuk menentukan laju massa fluida panasbumi pada separator, neraca massa juga dapat digunakan untuk mengetahui kualitas fasa uap yang dipisahkan dengan menghitung nilai efisiensi separator [4]. Penentuan efisiensi separator berguna untuk mengidentifikasi potensi masalah di pipa alir fasa uap. Hal ini berkaitan dengan adanya dampak yang dapat ditimbulkan oleh fasa cair di dalam pipa alir fasa uap. Fraksi fasa cair tersebut berpotensi menyebabkan korosi, kerak (*scale*) atau mempengaruhi kehilangan tekanan dan panas dari fluida yang dialirkan.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Konsep neraca massa dapat diformulasikan untuk menentukan laju massa fluida yang dialirkan dan dipisahkan di wilayah separator dengan menggunakan konsentrasi unsur atau senyawa kimia dalam fluida yang masuk dan keluar separator serta satu parameter laju massa yang diketahui. Untuk data yang diperlukan sendiri adalah data konsentrasi unsur atau senyawa kimia dalam semua pipa alir serta salah satu dari parameter: laju massa fluida pada pipa alir dua fasa, pipa alir fasa uap atau pipa alir fasa cair. Secara teoritis, formulasi neraca massa dapat digunakan sebagai alternatif pengganti alat ukur laju massa fluida. Oleh sebab itu, penggunaan neraca massa dapat digunakan untuk keperluan *monitoring* laju massa fluida di wilayah separator meskipun terkendala masalah pada alat ukur.

Namun formulasi dari penurunan rumus neraca massa tersebut masih perlu dibuktikan dengan praktik penggunaannya pada separator yang dialiri fluida panasbumi, baik dalam tingkat penelitian maupun industri untuk menentukan laju massa yang tepat. Kajian dalam penggunaan konsep ini sendiri perlu lebih

diperhatikan secara seksama untuk variasi sistem pemipaan dan penentuan laju massa dari dua fasa fluida di pipa yang dapat membentuk pola aliran yang beragam (seperti pola *bubbly flow*, *slug flow*, *churn flow*, *annular flow* atau *mist flow*) karena menurut penulis dapat berpengaruh pada persebaran unsur atau senyawa kimia fluida.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Wuryanti, *Neraca Massa dan Energi*, Bandung: Jurusan Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Bandung, 2016.
- [2] P. R. Ansyah dan M. N. Ramadhan, *Termodinamika Teknik I*, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, 2018.
- [3] K. Nicholson, *Geothermal Fluids Chemistry and Exploration Techniques*. Springer-Verlag, 1993.
- [4] S. J. Zarrouk and M. H. Purnanto, “Geothermal steam-water separators: Design overview”, *J. Geothermics*, vol. 53, pp. 236 – 254, Jan. 2015.
- [5] N. M. Saptadji, *Teknik Panasbumi*, Bandung: Kelompok Studi Panasbumi Institut Teknologi Bandung, 2001.
- [6] M. A. Grant, G. L. Donaldson, and F. P. Bixley, *Geothermal Reservoir Engineering*, Second Edition, New York: Academic Press Inc, 1982.
- [7] T. A. Adler et al, *ASM Handbook Volume 13A Corrosion: Fundamentals, Testing and Protection*, ASM International, 2003.
- [8] C. E. Brennen, *Fundamentals of Multiphase Flows*, Cambridge University Press, 2008.
- [9] R. DiPippo, *A Simplified Method For Estimating The Silica Scaling Potential in Geothermal Power Plant*, United States, 1985.
- [10] R. DiPippo, *Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact*, Third Edition, Butterworth-Heinemann, 2012.
- [11] J. R. Thome, *Encyclopedia of Two Phase Heat Transfer and Flow*, Singapore: World Scientific Publishing Co., 2016.
- [12] A. Yushantarti, N. M. Nurdin, dan M. Kholid, “Monitoring Sumur-Sumur Eksplorasi Lapangan Panas Bumi Mataloko, Kabupaten Ngada, Provinsi Nusa Tenggara Timur Tahun 2015”, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panasbumi – Badan Geologi, [Online]. Tersedia: [http://psdg.geologi.esdm.go.id/kolokium/2015\\_2/pb/1.18%20Makalah\\_monitoring\\_mataloko2016.pdf](http://psdg.geologi.esdm.go.id/kolokium/2015_2/pb/1.18%20Makalah_monitoring_mataloko2016.pdf) [Diakses: 14 Mei 2019].

## STUDI PROSES AGREGASI AIR DALAM BAHAN BAKAR DIESEL MENGUNAKAN SIMULASI DINAMIKA MOLEKUL COARSE GRAIN

*Khabib Khumaini<sup>1)</sup>, Mohammad Koyimatu<sup>2)</sup>, Tegar Nurwahyu Wijaya<sup>3)</sup>*

1) Program Studi Kimia, Universitas Pertamina

2) Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Pertamina

3) Program Studi Kimia, Universitas Pertamina

*E-mail: [khabib.khumaini@universitaspertamina.ac.id](mailto:khabib.khumaini@universitaspertamina.ac.id) (corresponding authors)*

### ABSTRACT

*Presence of water in diesel can improve the combustion efficiency and reduce NOx and SOx emission. A small portion of non-ionic surfactants is required to prevent aggregation and separation water from diesel. Thus, coarse grain molecular dynamic simulation was conducted to study aggregation process of water in dodecane with absence and presence of non-ionic surfactants. The simulation was performed at 300 K and 1 atm using GROMACS 2016 with martini force field v2.2ref for 1500 ns. The analysis of simulation coordinate show that aggregation process occurred in both condition. However, the presence of non-ionic surfactants in surface of water aggregate prevents the aggregation process further. Hence, water aggregation in presence of surfactants is slower and incompleted. Furthermore, this method can be used to develop new non-ionic surfactants to stabilize water in diesel.*

**Keywords:** *Water in Diesel, Coarse Grain, Molecular Dynamic, Non-Ionic Surfactants*

### ABSTRAK

*Keberadaan air dalam diesel dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi gas NOx dan SOx. Untuk mencegah pembentukan agregat dan pemisahan antara air dan diese maka sejumlah kecil non-ionik surfaktan ditambahkan. Oleh karena itu, penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk mempelajari proses agregasi air dalam diesel dalam kondisi tanpa/dengan non-ionik surfaktan menggunakan simulasi dinamika molekul coarse grain. Simulasi dilakukan pada suhu 300 K dan tekanan 1 atm menggunakan program GROMACS 2016 dan force field martini v2.2ref selama 1500 ns. Analisis hasil simulasi menunjukkan bahwa proses agregasi berlangsung pada kondisi tanpa/dengan surfaktan. Akan tetapi, keberadaan surfaktan di permukaan agregat air mencegah proses agregasi berlanjut. Selain itu, metode ini dapat digunakan untuk mengembangkan non-ionik surfaktan baru untuk menstabilkan air dalam diesel.*

**Kata kunci:** *Air dalam diesel, coarse grain, simulasi dinamika molekul, non-ionik surfaktan.*

## 1. PENDAHULUAN

Diesel banyak digunakan sebagai bahan bakar yang membutuhkan tenaga besar. Akan tetapi, pembakaran diesel banyak menghasilkan emisi gas buang berupa NO<sub>x</sub> dan SO<sub>x</sub> yang dapat mencemari udara. Salah satu metode untuk mengurangi NO<sub>x</sub> dan SO<sub>x</sub> dalam gas buang adalah dengan menambahkan sedikit komponen air dalam diesel [1]. Adanya air dalam diesel membuat pembakaran diesel lebih merata dan sempurna sehingga jumlah oksida nitrogen dan sulfur yang dihasilkan berkurang [2].

Ada beberapa cara menambahkan air dalam diesel yaitu penambahan air langsung ke *chamber* pembakaran melalui pen-injeksi, mencampurkan udara dengan uap air, dan melalui emulsi air dalam diesel [3]. Zat Pengemulsi yang digunakan untuk sistem air dalam diesel adalah non-ionik surfaktan seperti *sorbitan monooleate*, *polyethylene glycol*, *gemini*, dan *polyoxyethylene nonylphenyl ether* [3]. Non-ionik surfaktan memiliki keunggulan karena dapat mencegah korosi dan bertindak sebagai zat anti beku [4]. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pembentukan agregat air dalam diesel dalam kondisi tanpa dan dengan non-ionik surfaktan. Hasil dari simulasi yang dilakukan dapat menjadi salah satu panduan dalam mendesain surfaktan untuk emulsi air dalam diesel.

Secara molekuler ada beberapa simulasi yang dilakukan mempelajari sistem emulsi air dan alkana termasuk dekana dan dodekana yang merupakan komponen utama diesel [5]–[7]. Akan tetapi, metode yang digunakan adalah *all atom* atau *united atom simulation*. Akibatnya, sistem simulasi yang telah dilakukan berukuran kecil dan waktu simulasinya singkat sehingga tidak dapat proses agregasi air dalam diesel secara sempurna. Oleh karena itu, pada penelitian ini metode yang digunakan adalah *coarse grain* simulasi dinamika molekul. Metode ini memiliki keunggulan dapat meng-simulasi sistem lebih besar dan rentang waktu lebih lama [8].

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Persiapan Model Struktur Dodekana (Diesel)

Salah satu komponen utama dalam diesel adalah dodekana. Oleh karena itu, pada simulasi ini, molekul yang akan disimulasi adalah dodekana. Model struktur dodekana *coarse grain* dibuat berdasarkan model dodekana *united atom*.

Struktur dan topologi *united atom* dodekana diperoleh dari [https://atb.uq.edu.au database](https://atb.uq.edu.au/database) dengan kode IRSP [9]. Sebanyak 1377 molekul dodekana dalam kotak ukuran 8 nm x 8 nm x 8 nm dibuat menggunakan program *insert-molecule* dari GROMACS. Sistem selanjutnya diminimisasi dengan toleransi sebesar 10 kJ/mol nm. Kotak dodekana yang sudah diminimisasi selanjutnya diekuilibrasi NVT selama

100 ps yang dilanjutkan NPT selama 100 ps. Kemudian, sistem dodekana disimulasi selama 10 ns. Semua simulasi menggunakan program GROMACS 2016 dengan *cut off* interaksi Coulomb dan Van der Waals sebesar 1.2 nm, PME, dan *periodic boundary xyz* [10]. Analisis simulasi dilakukan dengan menghitung parameter fisik : densitas dan kalor jenis menggunakan GROMACS energy dan dos dan dibandingkan dengan hasil eksperimen [11]. Pembuatan model *coarse grain* dodekana dari hasil simulasi model *united atom* menggunakan teknik AA-to-GC *mapping* untuk *force field* Martini versi 2.2 [12].

Validasi model dodekana *coarse grain* membandingkan parameter fisik hasil simulasi 37.179 molekul dodekana dalam kotak berukuran 24 nm x 24 nm x 24 nm selama 1500 ns. Simulasi dilakukan menggunakan GROMACS 2016 [10] dan *force field* Martini versi 2.2 [12]. Analisis dilakukan berupa analisis visual menggunakan program VMD versi 1.9.3 [13], massa jenis dan kalor jenis [11].

## 2.2 Simulasi Air dalam Diesel Tanpa Surfaktan

Model struktur air (5% w/w) dalam diesel dibuat campuran 4000 partikel model air *coarse grain* dan 34.378 partikel dodekana *coarse grain* dalam box 24 nm x 24 nm x 24 nm menggunakan . Setiap 1 model partikel air *coarse grain* tersusun atas 4 molekul air. Simulasi dilakukan selama 1500 ns menggunakan GROMACS 2016 [2] dan *force field* Martini versi 2.2.[12]. Analisis dilakukan berupa analisis visual menggunakan program VMD versi 1.9.3 [13], massa jenis dan kalor jenis.

## 2.3 Simulasi Air dalam Diesel Dengan Non-ionik surfaktan

Non-ionik surfaktan yang digunakan dalam simulasi adalah alkil - polietilen glikol (E05). Parameter dan model alkil-PEG05 menggunakan parameter yang telah dipublikasi sebelumnya [14], [15] . Model struktur air (5% w/w) dan alkil-PEG (2% w/w) dibuat campuran 4000 partikel model air *coarse grain*, 300 molekul non-ionik surfaktan, dan 33.581 partikel dodekana *coarse grain* dalam box 24 nm x 24 nm x 24 nm menggunakan. Setiap 1 model partikel air *coarse grain* tersusun atas 4 molekul air. Simulasi dilakukan selama 1500 ns menggunakan GROMACS 2016 [10] dan *force field* Martini versi 2.2.[12] . Analisis dilakukan berupa analisis visual menggunakan program VMD versi 1.9.3[13], massa jenis dan kalor jenis.

## 2.4 Analisis pembentukan agregat hasil simulasi

Pembentukan agregat air dalam diesel pada kedua sistem dilakukan dengan program clusterize dari GROMACS 2016 dan visualisasi menggunakan VMD. Untuk mengatasi *periodic boundary* saat visualisasi di VMD, maka box hasil simulasi

ditransalasi menggunakan program editconf dan trjconv dari GROMACS 2016. Semua grafik dibuat menggunakan R [16] dengan *library* ggplot2 [17] dengan IDE RStudio [18].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap paling penting dalam simulasi dinamika molekul adalah validasi parameter yang digunakan. Salah satu metode yang paling umum adalah membandingkan hasil simulasi dengan hasil eksperimen. Oleh karena itu, parameter fisik hasil simulasi baik dodekana *united atom* maupun *coarse grain* model dibandingkan dengan referensi yang telah dipublikasikan sebelumnya sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan Sifat Fisik Dodekana Hasil Simulasi dan Eksperimen

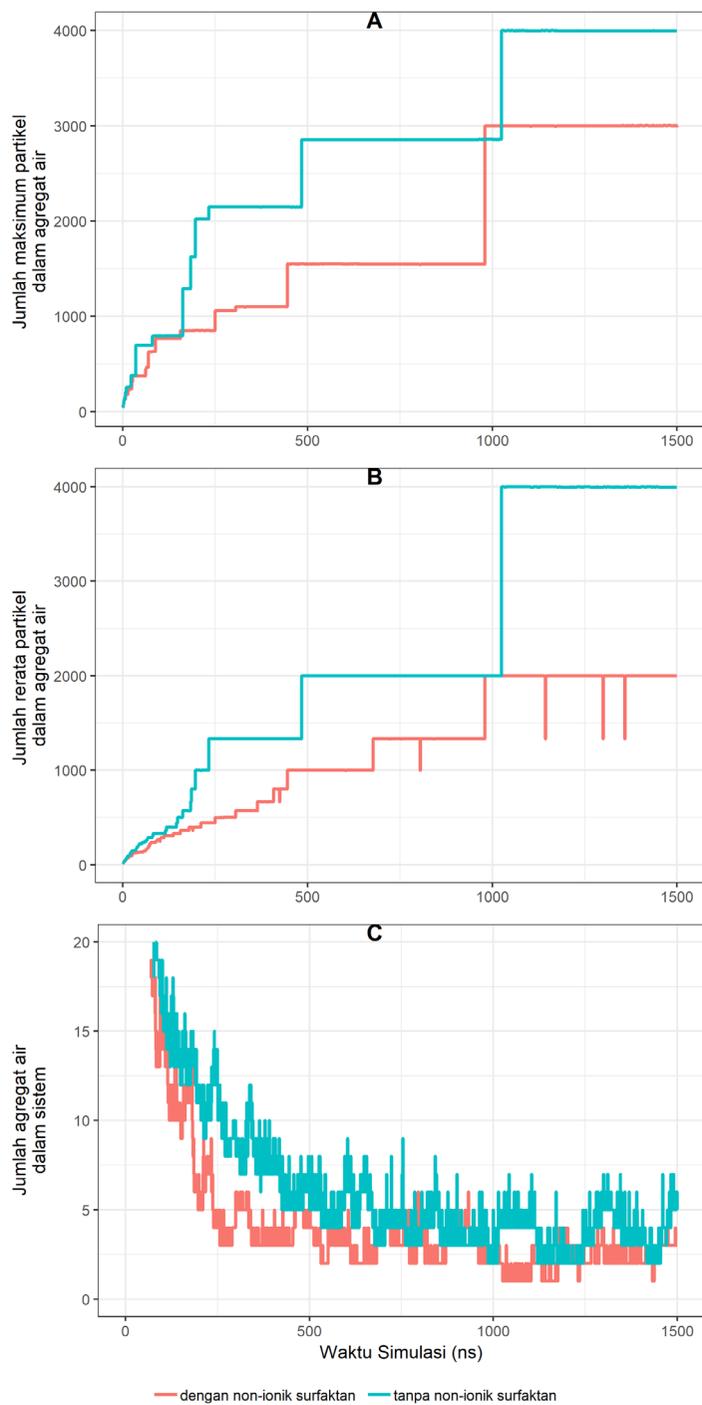
Parameter Fisik	Dodekana		
	United atom model	Coarse grain model	Referensi
Massa jenis	0.757 g/mL pada suhu 300 K	0.774 g/mL pada suhu 300 K	0.746 g/mL pada suhu 298 K [19]
Kalor Jenis	1.61 J/gK pada suhu 300 K	0.94 J/gK pada suhu 300 K	2.268 J/gK pada suhu 323 K [20]

Berdasarkan data sifat fisik pada Tabel 1, massa jenis kedua model hampir sama dengan data eksperimen. Hal ini menandakan bahwa interaksi antar molekul pada kedua model telah sesuai dengan hasil eksperimen. Hal yang berbeda pada parameter kalor jenis yaitu terdapat perbedaan cukup besar, terutama di model *coarse grain* meskipun masih di rentang nilai yang sama. Dikarenakan pembentukan agregat merupakan akibat dari interaksi antar molekul maka model *coarse grain* dodekana dapat digunakan untuk tahap selanjutnya.

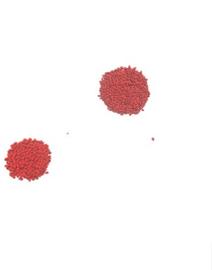
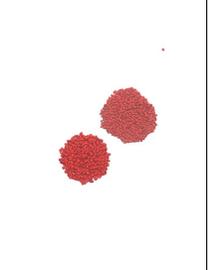
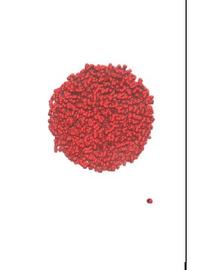
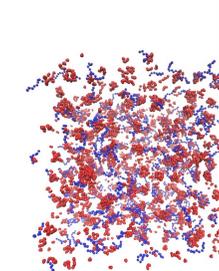
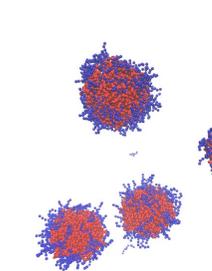
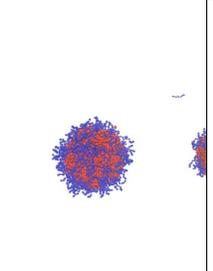
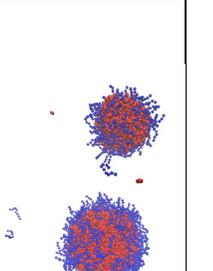
Pembentukan agregat molekul air pada diesel selama simulasi 1.500 ns baik dalam kondisi ada dan tidak ada non-ionik surfaktan tersaji pada Gambar 1. Semakin stabil sistem air dalam diesel maka semakin sedikit agregat yang terbentuk sehingga ukuran rata-rata agregat air juga semakin kecil. Gambar 1 menunjukkan sangat jelas bahwa sepanjang simulasi ukuran agregat semakin besar dan jumlah agregat semakin sedikit. Hal ini disebabkan terjadi penggabungan agregat air disebabkan untuk menurunkan tegangan permukaan antara air dan diesel. Selain itu, ukuran rata-rata dan ukuran maksimum agregat air dalam diesel dalam keadaan ada non-ionik surfaktan sepanjang simulasi lebih kecil dibandingkan tanpa non-ionik surfaktan

(Gambar 1A dan B). Hal ini menunjukkan bahwa non-ionik surfaktan yang dalam simulasi menstabilkan sistem emulsi air dalam diesel. Fenomena ini juga dapat dilihat dari jumlah agregat air dalam diesel yang lebih banyak ketika ada non-ionik surfaktan dibandingkan tanpa ada non-ionik surfaktan (Gambar 1C). Pada akhir simulasi, ukuran agregat air dalam diesel ketika tanpa non-ionik surfaktan telah mencapai maksimum yaitu 4000 partikel model air. Hal ini menandakan ketiak tanpa non-ionik surfaktan, air dan diesel memisah secara sempurna saat simulasi berlangsung sekitar 1.100 ns. Adapun, keberadaan non-ionik surfaktan menjaga pemisahan air dengan diesel. Hal ini terlihat pada akhir simulasi ukuran maksimum agregat masih sekitar 3000 partikel model air dengan rerata jumlah partikel per agregat sebesar 2000 buah.

Proses pembentukan agregat air dalam diesel saat tidak ada dan ada non-ionik surfaktan dapat diamati berdasarkan hasil visualisasi koordinat simulasi menggunakan program VMD sebagaimana tersaji pada Gambar 2. Pada keadaan tanpa non-ionik surfaktan, proses pembentukan agregat air berlangsung lebih cepat dan sempurna dibandingkan dengan adanya non-ionik surfaktan. Hal ini bersesuaian dengan kelarutan air yang rendah dalam dodekana. Pada keadaan ada non-ionik surfaktan, proses pembentukan agregat tetap terjadi, namun dengan laju lebih lambat dan tidak sempurna karena seluruh air tidak benar-benar menyatu. Keberadaan non-ionik surfaktan di permukaan agregat air menjaga agar agregat-agregat air tidak saling menyatu. Selain itu, semakin besar persentase permukaan agregat air yang ditutupi oleh non-ionik surfaktan maka semakin stabil agregat tersebut. Oleh karena, sepanjang simulasi sebagian agregat-agregat akan bersatu untuk mengoptimalkan luas permukaan agregat yang dilapisi oleh non-ionik surfaktan dan meminimalkan kontak agregat air dengan dodekana yang hidrofobik.



Gambar 1 Pembentukan agregat air dalam diesel selama simulasi. (A) Ukuran agregat air. (B) Jumlah rerata molekul per agregat. (C) Jumlah agregat air dalam sistem.

Air dalam diesel tanpa non-ionik surfaktan			
0 ns	500 ns	1.000 ns	1.500 ns
			
Air dalam diesel dengan non-ionik surfaktan			
0 ns	500 ns	1.000 ns	1.500 ns
			

Gambar 2 Proses pembentukan agregat air dalam diesel tanpa dan dengan non-ionik surfaktan. (merah = air dan biru = non-ionik surfaktan. Dodekana tidak ditampilkan karena sebagai pelarut)

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis hasil simulasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa simulasi dinamika molekul menggunakan model *coarse grain* mampu menjelaskan proses pembentukan agregat air dalam diesel baik dengan maupun tanpa non-ionik surfaktan. Keberadaan non-ionik surfaktan melapisi permukaan agregat air sehingga lebih stabil dan tidak bergabung dengan agregat lain walaupun berada di lingkungan dodekana yang non polar. Metode ini memberikan alternatif pendekatan yang cepat, murah, dan akurat untuk mendesain surfaktan sebagai penstabil emulsi air dalam diesel.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Pertamina yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian melalui program hibah penelitian tahunan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ghojel J., Honnery D., and Al-Khaleefi K.(2006).“Performance, emissions and heat release characteristics of direct injection diesel engine operating on diesel oil emulsion.”*Appl. Therm. Eng.*26. .2132–2141. <https://doi.org/10.1016/J.APPLTHERMALENG.2006.04.014>.
- [2] Selim M. Y. E. and Ghannam M. T.(2009).“Combustion Study of Stabilized Water-in-Diesel Fuel Emulsion.”*Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*32. .256–274. <https://doi.org/10.1080/15567030802467621>.
- [3] Vellaiyan S. and Amirthagadeswaran K. S.(2016).“The role of water-in-diesel emulsion and its additives on diesel engine performance and emission levels: A retrospective review.”*Alexandria Eng. J.*55. .2463–2472. <https://doi.org/10.1016/J.AEJ.2016.07.021>.
- [4] Morozumi Y. and Saito Y.(2010).“Effect of Physical Properties on Microexplosion Occurrence in Water-in-Oil Emulsion Droplets.”*Energy & Fuels.*24. .1854–1859. <https://doi.org/10.1021/ef9014026>.
- [5] Rivera J. L., McCabe C., and Cummings P. T.(2003).“Molecular simulations of liquid-liquid interfacial properties: Water–*n*-alkane and water-methanol–*n*-alkane systems.”*Phys. Rev. E.*67. .011603. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.67.011603>.
- [6] Underwood T. R. and Greenwell H. C.(2018).“The Water-Alkane Interface at Various NaCl Salt Concentrations: A Molecular Dynamics Study of the Readily Available Force Fields.”*Sci. Rep.*8. .352. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18633-y>.
- [7] Xiao H. *et al.*(2010).“Molecular dynamics study of the water/*n*-alkane interface.”*Sci. China Chem.*53. .945–949. <https://doi.org/10.1007/s11426-010-0118-8>.
- [8] Merchant B. A. and Madura J. D.(2011).“A Review of Coarse-Grained Molecular Dynamics Techniques to Access Extended Spatial and Temporal Scales in Biomolecular Simulations.”*Annu. Rep. Comput. Chem.*7. .67–87. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53835-2.00003-1>.
- [9] Koziara K. B., Stroet M., Malde A. K., and Mark A. E.(2014).“Testing and validation of the Automated Topology Builder (ATB) version 2.0: prediction of hydration free enthalpies.”*J. Comput. Aided. Mol. Des.*28. .221–33. <https://doi.org/10.1007/s10822-014-9713-7>.
- [10] Abraham M. J. *et al.*(2015).“GROMACS: High performance molecular simulations through multi-level parallelism from laptops to

- supercomputers.”*SoftwareX*.1–2. .19–25.  
<https://doi.org/10.1016/j.softx.2015.06.001>.
- [11] Caleman C., van Maaren P. J., Hong M., Hub J. S., Costa L. T., and van der Spoel D.(2012).“Force Field Benchmark of Organic Liquids: Density, Enthalpy of Vaporization, Heat Capacities, Surface Tension, Isothermal Compressibility, Volumetric Expansion Coefficient, and Dielectric Constant.”*J. Chem. Theory Comput.*8. .61–74.  
<https://doi.org/10.1021/ct200731v>.
- [12] Marrink S. J., Risselada H. J., Yefimov S., Tieleman D. P., and de Vries A. H.(2007).“The MARTINI Force Field: Coarse Grained Model for Biomolecular Simulations.”*J. Phys. Chem. B*.111. .7812–7824.  
<https://doi.org/10.1021/jp071097f>.
- [13] Humphrey W., Dalke A., and Schulten K.(1996).“{VMD} -- {V}isual {M}olecular {D}ynamics.”*J. Mol. Graph.*14. .33–38. .
- [14] Lee H., de Vries A. H., Marrink S.-J., and Pastor R. W.(2009).“A Coarse-Grained Model for Polyethylene Oxide and Polyethylene Glycol: Conformation and Hydrodynamics.”*J. Phys. Chem. B*.113. .13186–13194.  
<https://doi.org/10.1021/jp9058966>.
- [15] Velinova M., Sengupta D., Tadjer A. V., and Marrink S.-J.(2011).“Sphere-to-Rod Transitions of Nonionic Surfactant Micelles in Aqueous Solution Modeled by Molecular Dynamics Simulations.”*Langmuir*.27. .14071–14077.  
<https://doi.org/10.1021/la203055t>.
- [16] R Core Team“R: A Language and Environment for Statistical Computing.” Vienna, Austria, 2014.
- [17] Wickham H.*ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.2016.
- [18] RStudio Team“RStudio: Integrated Development Environment for R.” Boston, MA, 2015.
- [19] Liu Y., DiFoggio R., Sanderlin K., Perez L., and Zhao J.(2011).“Measurement of density and viscosity of dodecane and decane with a piezoelectric tuning fork over 298–448K and 0.1–137.9MPa.”*Sensors Actuators A Phys.*167. .347–353. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2011.03.017>.
- [20] Regueira T., Varzandeh F., Stenby E. H., and Yan W.(2017).“Heat capacity and Joule-Thomson coefficient of selected n -alkanes at 0.1 and 10 MPa in broad temperature ranges.”*J. Chem. Thermodyn.*111. .250–264.  
<https://doi.org/10.1016/j.jct.2017.03.034>.

## **PENGARUH EARNING PER SHARE (EPS), PRICE EARNING RATIO (PER) DAN PRICE BOOK VALUE (PBV) TERHADAP HARGA SAHAM EMITEN PERBANKAN INDEKS LQ45 DI BURSA EFEK INDONESIA TAHUN 2013- 2017**

Elan Nurhadi P, Suhari Pranyoto

Universitas Pertamina

[elan.nurhadi@universitaspertamina.ac.id](mailto:elan.nurhadi@universitaspertamina.ac.id)

### **ABSTRACT**

*The purpose of this study examines the effect of Price Earning Ratio (PER), Price to Book Value Ratio (PBV) and Earning Per Share (EPS) on Stock Prices in banking companies listed on the Indonesia Stock Exchange, LQ45 index, in 2013-2017. This study is based on annual reports taken from the Indonesian Capital Market directory and other sources of support. The research sample was taken by purposive sampling technique with result in 5 banking issuers with 25 observation data and 5 cross section data. Data were analyzed by multiple regression techniques with the Ordinary Least Squared (OLS) approach. This study uses a panel data method with a fixed effect model by reviewing version 10. as a statistical tool. This study shows that PER, EPS and PBV have a positive and significant effect on stock prices simultaneously. Partially, PER has a positive and significant effect but PBV and EPS have a positive but not significant effect. The influence of PER significantly indicates that profitability is a priority consideration of investors rather than other factors.*

**Keywords:** PER, PBV, EPS , Stock Price, Banking Emiten LQ45

### **ABSTRAK**

*Tujuan penelitian ini menguji pengaruh Price Earning Ratio (PER), Price to Book Value Ratio (PBV) dan Earning Per Share (EPS) terhadap Harga Saham di perusahaan perbankan yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia, indeks LQ45, pada 2013-2017 . Data penelitian berdasarkan pada laporan tahunan yang diambil dari direktori Pasar Modal Indonesia dan sumber lainnya. Sampel penelitian diambil dengan teknik purposive sampling yang menghasilkan 5 emiten perbankan dengan 25 data observasi dan 5 data cross section. Data dianalisis dengan teknik regresi berganda dengan pendekatan Ordinary Least Squared (OLS). Penelitian ini menggunakan metode panel data dengan model efek tetap (panel data method with a fixed effect model) versi.10 sebagai alat statistik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PER, EPS dan PBV memiliki efek positif dan signifikan terhadap harga saham secara bersamaan. Secara parsial, PER memiliki efek positif dan signifikan tetapi PBV dan EPS berpengaruh positif tetapi tidak signifikan. Pengaruh PER yang signifikan menunjukkan bahwa profitabilitas adalah pertimbangan utama investor dibandingkan faktor fundamental lainnya.*

**Kata kunci:** PER, PBV, EPS , Harga Saham, Emiten Perbankan LQ45

## 1. PENDAHULUAN

Situasi perekonomian dan keuangan global yang kurang mendukung dalam beberapa tahun terakhir ini telah memberikan tekanan terhadap perekonomian Indonesia. Hal ini ditandai dengan kondisi perlambatan pertumbuhan pada beberapa sektor ekonomi. Namun demikian sektor keuangan perbankan Indonesia sebagai penggerak perekonomian tetap dapat menunjukkan kinerja yang cukup baik, Hal ini ditunjukkan dengan adanya pertumbuhan aset maupun indikator lainnya. Fungsi intermediasi melalui simpanan dana dan penyaluran kredit juga menunjukkan pertumbuhan walaupun sedikit melambat. Indikator kinerja bank selama tahun 2016 dan 2017 dapat dilihat pada tTabel 1 di bawah ini .

**Tabel 1. Indikator Bank Umum Konvensional**

<b>Indikator</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>Yoy Des 2017</b>
Total Aset (miliar)	6,729,799	7,387,634	9.77%
Kredit (miliar)	4,377,195	4,737,972	8.24%
DPK	4,836,758	5,289,209	9.35%
-Giro	1,124,235	1,233,337	9.70%
-Tabungan	1,551,809	1,701,175	9.63%
-Deposito	2,160,714	2,354,697	8.98%
CAR (%)	22.71	23.01	1.32%
ROA (%)	2.17	2.42	11.52%

Sumber : [1]

Peranan sektor keuangan perbankan yang besar juga ditunjukkan pada kontribusinya pada aktifitas pasar modal Indonesia. Beberapa saham perbankan merupakan saham unggulan yang masuk dalam kriteria saham indeks LQ 45. Peranan sektor keuangan terhadap pasar modal dapat dilihat pada tTabel 2. Pada tabel tersebut terlihat bahwa saham sektor keuangan memberikan kontribusi kapitalisasi pasar tertinggi yaitu 25,69 % pada tahun 2016 dan 29,6 % pada tahun 2017 serta pertumbuhan yang tertinggi dibandingkan sektor lain sebesar 41.50% pada tahun 2017.

Berdasarkan data tersebut terlihat adanya fenomena indikasi hubungan kinerja keuangan perbankan dan perkembangan harga saham emiten perbankan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui faktor fundamental keuangan yang

mempengaruhi perkembangan harga saham khususnya pada emiten perbankan yang terdaftar pada LQ45.

**Tabel 2. Kapitalisasi Pasar Berdasarkan Sektor di Bursa Efek Indonesia**

Sektoral	Kapitalisasi Pasar 2016		Kapitalisasi Pasar 2017		yoy Des 2017
	Nilai	%	Nilai	%	
IHSG	5,753,612,759,029,200	100%	7,052,388,625,802,900	100.%	22.5%
Pertanian	137,159,405,866,171	2.3%	102,422,266,306,737	1.4%	-25.%
Pertambangan	285,743,853,531,121	4.9%	338,627,688,939,816	4.8%	18.5%
Industri Dasar	399,487,588,152,517	6.9%	524,667,864,749,891	7.4%	31.3%
Aneka Industri	393,716,211,420,568	6.8%	408,498,673,592,978	5.7%	3.7%
Industri Kons	1,285,280,727,477,340	22.3%	1,608,914,308,443,350	22.8%	25.1%
Properti & RE	426,188,237,833,256	7.4%	414,318,691,336,279	5.8%	-2.7%
Infrastruktur	719,812,237,833,256	12.5%	817,423,185,369,199	11.5%	13.5%
Keuangan	1,478,249,968,040,160	25.6%	2,091,671,114,113,180	29.6%	41.5%
Perdagangan	627,971,552,663,419	10.9%	745,844,832,951,472	10.5%	18.7%

Sumber : [2]

Beberapa penelitian sudah dilakukan terhadap Pasar Modal Indonesia untuk menguji pengaruh PER, PBV dan EPS terhadap harga saham. Cahyaningrum dan Antikasari [3] melakukan penelitian terhadap pengaruh PER, PBV, ROA dan ROE terhadap harga saham sektor keuangan pada tahun 2010-2014. Penelitian dilakukan terhadap 237 perusahaan sektor keuangan yang terdaftar pada BEI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PER dan PBV secara parsial berpengaruh positif dan signifikan terhadap harga saham. Demikian pula secara simultan ketiga variabel menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap harga saham. Penelitian ini sependapat dengan Desiana [4], yang melakukan penelitian pengaruh PER, EPS, DYR, DPR dan PBV terhadap harga saham emiten subsektor makan dan minuman yang terdaftar pada Jakarta Islamic Index. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel PER dan EPS berpengaruh positif dan signifikan terhadap harga saham. Wijayanti [5] menunjukkan hasil yang sama bahwa PER mempunyai hubungan positif dan signifikan dengan harga saham. Sedangkan Abimantara [6], menunjukkan hasil yang berbeda yaitu PBV tidak berpengaruh terhadap harga saham secara signifikan. Beliani dan Budiantara [7] menyatakan bahwa PBV secara parsial tidak signifikan. Valentino dan Sulastro [8], menguji pengaruh EPS terhadap harga saham pada perusahaan sektor *barang konsumsi di BEI*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa EPS berpengaruh

positif dan signifikan secara parsial terhadap harga saham. Dewi dan Suaryana [9], menyatakan bahwa EPS dan PBV berpengaruh positif dan signifikan. Zen dan Fadia [10] menunjukkan hasil yang berbeda bahwa EPS mempunyai pengaruh positif dan tidak signifikan terhadap harga saham.

Penelitian ini memberikan kontribusi kepada bidang ilmu manajemen investasi dan portofolio. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menguji pengaruh PER, PBV dan EPS terhadap harga saham, maka penelitian ini menguji variabel tersebut pada sektor yang berbeda yaitu keuangan khususnya pada emiten perbankan yang terdaftar pada LQ45, selain itu penelitian ini menggunakan alat analisis yang berbeda dengan penelitian sebelumnya yaitu metode panel data dengan model efek tetap (*panel data method with a fixed effect model*).

## 2. DASAR TEORI DAN METODOLOGI

### 2.1. DASAR TEORI

#### 1. Signalling Theory

Keputusan investor dalam membeli saham sangat dipengaruhi oleh informasi yang diterima terhadap kondisi emiten. Hal ini dijelaskan melalui *signalling theory*. Menurut Birgham and Houston [11] *signaling theory* merupakan perilaku manajemen perusahaan dalam memberi petunjuk kepada investor terkait pandangan manajemen pada prospek perusahaan untuk masa yang akan datang. Dorongan perusahaan memberikan informasi adalah karena terdapat informasi asimetris antara manajer perusahaan dengan pihak luar. Perusahaan dapat meningkatkan nilai perusahaan dengan mengurangi informasi asimetris tersebut. Salah satu cara adalah dengan memberikan sinyal berupa informasi yang positif dan dapat dipercaya yang akan mengurangi ketidakpastian. Jika informasi tersebut mengandung nilai positif maka diharapkan pasar akan bereaksi pada saat informasi tersebut diterima. Salah satu jenis informasi yang dikeluarkan oleh perusahaan yang dapat menjadi sinyal bagi investor adalah laporan keuangan.

#### 2. Fundamental Analysis

Pergerakan harga saham sangat dipengaruhi oleh faktor fundamental saham. Parameter fundamental yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah *Price Earning Ratio*, *Earning per Share Ratio* dan *Price Book Value Ratio* [11], yaitu :

##### a. *Price Earning Ratio (PER)*

Price Earning Ratio menunjukkan seberapa besar investor bersedia membayar untuk setiap rupiah laba yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan dalam persamaan PER sebagai berikut :

$$\text{Price Earning Ratio (PER)} = \frac{\text{Price per share}}{\text{Earning per share}} \quad (1)$$

PER yang tinggi menunjukkan bahwa perusahaan memiliki prospek pertumbuhan yang baik, sehingga dapat memberikan persepsi dan ekspektasi optimisme kepada pasar. Sebaliknya nilai PER dibawah rata-rata industri dapat mengindikasikan bahwa perusahaan lebih berisiko atau mengindikasikan prospek pertumbuhan yang rendah .

### **b. Price Book Value (PBV)**

PBV menggambarkan seberapa besar pasar menghargai nilai buku saham suatu perusahaan atau dengan kata lain menunjukkan seberapa besar perusahaan mampu menciptakan nilai relatif dengan jumlah modal yang diinvestasikan. Persamaan PBV adalah sebagai berikut :

$$\text{Price Book Value (PBV)} = \frac{\text{Price per share}}{\text{Book Value}} \quad (2)$$

Semakin tinggi nilai PBV semakin berhasil perusahaan menciptakan nilai bagi pemegang saham.

Dengan demikian mengindikasikan bahwa harga saham emiten juga akan tinggi. Harga saham yang tinggi mencerminkan nilai perusahaan yang tinggi, begitu pula sebaliknya

### **c. Earning per Share (EPS)**

Bagi investor informasi *earning per share* merupakan informasi yang dianggap mendasar dan berguna karena dapat menunjukkan prospek perusahaan di masa depan. EPS menunjukkan besarnya laba bersih perusahaan yang siap dibagikan bagi semua pemegang saham perusahaan . Persamaan EPS adalah sebagai berikut :

$$\text{Earning per Share (EPS)} = \frac{\text{Net Income after tax}}{\text{Number of Share Outstanding}} \quad (3)$$

## **2.2. METODOLOGI**

### **1 Data Sampel**

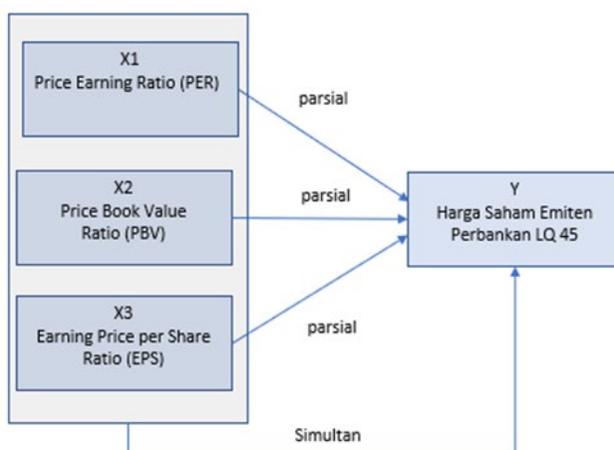
Pengumpulan data dilakukan dengan metode *non probability sample* secara *purposive sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel dengan pertimbangan khusus sehingga layak dijadikan sampel . Populasi penelitian ini adalah saham emiten perbankan indeks LQ 45 dengan kriteria berada dalam indeks LQ 45 selama lima tahun sejak tahun 2013 sampai dengan 2017. Sampel yang digunakan untuk penelitian ini adalah sample jenuh dimana seluruh populasi yang memenuhi kriteria dijadikan sample. Jumlah sample adalah lima emiten perbankan yang berada pada LQ 45 selama lima tahun berturut-turut yaitu BBNI, BBCA, BBRI, BMRI dan BBTN. Jumlah observasi data adalah 25 unit dengan jumlah *cross section* sebanyak 5 unit. Data variabel yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari Laporan tahunan OJK.

## 2. Teknik Analisis

Penelitian ini menggunakan pendekatan teknik kuantitatif. Semua data yang digunakan berbentuk angka yang kemudian diuji dengan metode statistik. Metode statistik yang digunakan adalah panel data dengan *fixed effect* model yaitu metode yang menggabungkan *cross section* dan *time series*. Aplikasi statistik yang digunakan adalah Eviews versi 10.

## 3. Model Penelitian

Model penelitian yang dibentuk adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Model Penelitian

$$\ln SHM_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln PER_{it} + \beta_2 \ln PBV_{it} + \beta_3 \ln EPS_{it} + e_{it} \quad (4)$$

dimana=

SHM = harga saham

PER = Price Earning Ratio

PBV = Price Book Value Ratio

EPS = Earning Price per Share Ratio

B = parameter

e = eror term

i = time series

j = cross section

ln = logaritma natural

Dalam model di atas variabel seluruh variabel dinyatakan dalam logaritma natural (ln) dengan maksud agar menghindari model dari masalah *heteroskedastisitas* dan

ketidaksimetrisan (*skewness*) data [12].

## 4. Hipotesis

Pada penelitian ini hipotesis yang dikembangkan adalah sebagai berikut :

### Hipotesis 1

Ho:  $\rho = 0$ , *Price Earning Ratio (PER)*, *Price Book Value Ratio (PBV)* dan *Earning Price per Share Ratio (EPS)* secara simultan tidak berpengaruh terhadap harga saham emiten perbankan indeks LQ 45.

H<sub>a</sub>:  $\rho > 0$ , *Price Earning Ratio (PER)*, *Price Book Value Ratio (PBV)* dan *Earning Price per Share Ratio (EPS)* secara simultan berpengaruh signifikan terhadap harga saham emiten perbankan indeks LQ 45

### Hipotesis 2

Ho:  $\rho = 0$ , *Price Earning Ratio (PER)* secara parsial tidak berpengaruh terhadap harga saham emiten perbankan indeks LQ 45.

H<sub>a</sub> :  $\rho > 0$ , *Price Earning Ratio (PER)* secara parsial berpengaruh positif dan signifikan terhadap harga saham emiten perbankan indeks LQ 45.

### Hipotesis 3

Ho:  $\rho = 0$ , *Price Book Value Ratio (PBV)* secara parsial tidak berpengaruh terhadap harga saham emiten perbankan indeks LQ 45.

H<sub>a</sub>:  $\rho > 0$ , *Price Book Value Ratio (PBV)* secara parsial berpengaruh positif dan signifikan terhadap harga saham emiten perbankan indeks LQ 45.

### Hipotesis 4

Ho:  $\rho = 0$ , *Earning Price per Share Ratio (EPS)* secara parsial tidak berpengaruh terhadap harga saham emiten perbankan indeks LQ 45.

H<sub>a</sub>:  $\rho > 0$ , *Earning Price per Share Ratio (EPS)* secara parsial berpengaruh positif dan signifikan terhadap harga saham emiten perbankan indeks LQ 45.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 HASIL

#### 1. Pemilihan Model

Metode regresi data panel yang dipilih adalah menggunakan model *fixed effect*, dengan hasil sebagai berikut. Selanjutnya model ini dalam penelitian ini disebut dengan Model 1

**Tabel 1. Model 1 Fixed Effect Method**

Dependent Variable: SAHAM  
Method: Panel Least Squares  
Date: 12/16/18 Time: 20:52  
Sample: 2013 2017  
Periods included: 5  
Cross-sections included: 5  
Total panel (balanced) observations: 25

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PER	1.045590	0.252817	4.135760	0.0007
PBV	0.332374	0.312284	1.064332	0.3021
EPS	0.220212	0.131651	1.672692	0.1127
C	4.245791	1.062090	3.997581	0.0009

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)			
R-squared	0.961459	Mean dependent var	8.484800
Adjusted R-squared	0.945589	S.D. dependent var	0.917493
S.E. of regression	0.214015	Akaike info criterion	0.008798
Sum squared resid	0.778642	Schwarz criterion	0.398838
Log likelihood	7.890029	Hannan-Quinn criter.	0.116978
F-statistic	60.58430	Durbin-Watson stat	1.170339
Prob(F-statistic)	0.000000		

signifikansi  $\alpha = 5\%$

Dalam model data panel dikenal tiga model yaitu *fixed effect*, *random effect* dan *common effect*. Untuk mengetahui apakah model yang telah diestimasi merupakan model yang paling tepat maka perlu dilakukan pengujian sebagai berikut :

#### 2. Chow test

Chow Test dilakukan untuk membandingkan dan memilih model yang terbaik antara metode *common effect* (CE) dengan *fixed effect* (FE). Berdasarkan hasil chow test diperoleh hasil sebagai berikut :

**Tabel 4. Chow Test**

Redundant Fixed Effects Tests  
Equation: FIXED  
Test cross-section fixed effects

Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Cross-section F	25.429199	(4,17)	0.0000
Cross-section Chi-square	48.588186	4	0.0000

Tabel 4 tersebut menunjukkan bahwa cross section  $F < 0,05$ , maka model yang tepat adalah *fixed effect* dibandingkan dengan model lainnya yaitu *common effect*.

### 3. Hausman Test

Hausman test dilakukan untuk memilih model yang terbaik antara metode *fixed effect* (FE) dengan *random effect* (RE). Berdasarkan Hausman test diperoleh hasil sebagai berikut :

**Tabel 5. Hausman Test**

Correlated Random Effects - Hausman Test  
Equation: RANDOM  
Test cross-section random effects

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	35.365364	3	0.0000

Tabel tersebut diatas menunjukkan bahwa probabilitas cross section random  $< 0,05$  maka model yang tepat adalah Fixed Effect.

Berdasarkan uji Chow dan Hausman maka pemilihan model *fixed effect* dinilai tepat, karena kedua uji diatas merekomendasikan model *fixed effect* dibandingkan model data panel lainnya yaitu model *common effect* (CE) dan *random effect* (RE). Model fixed effect yang telah diperoleh ini selanjutnya akan diuji dengan menggunakan uji asumsi klasik.

### 4. Uji Asumsi Klasik

Uji asumsi klasik yang dipergunakan dalam regresi linier dengan pendekatan *Ordinary Least Squared* (OLS) adalah autokorelasi, heteroskedastisitas, multikolinieritas dan normalitas. Namun demikian tidak semua uji asumsi klasik harus dilakukan pada setiap model regresi linier dengan pendekatan linier seperti [13] :

1. Uji normalitas pada dasarnya tidak merupakan syarat *best linier unbiased estimator*, beberapa pendapat tidak mengharuskan syarat ini sebagai sesuatu yang wajib dipenuhi.
2. Autokorelasi hanya terjadi pada data *time series*. Pengujian autokorelasi pada data yang tidak bersifat *time series* seperti *cross section* dan panel tidak diperlukan.
3. Multikolinearitas perlu dilakukan pada regresi linier menggunakan lebih dari satu variabel independen.
4. Heteroskedastisitas biasa terjadi pada data *cross section*, dimana data panel lebih mendekati kepada ciri data *cross section* dibandingkan *time series*.

Berdasarkan penjelasan tersebut diatas maka dalam penelitian ini karena menggunakan metode data panel maka uji asumsi klasik yang relevan dipergunakan adalah heteroskedastisitas dan multikolinearitas.

## 5. Uji Heteroskedastisitas

Untuk menguji apakah pada model terjadi pelanggaran heteroskedastisitas maka perlu dilakukan uji dengan membandingkan hasil antara model *fixed effect* tanpa pembobotan (*unweighted*) dengan pembobotan (*weighted*) sebagai berikut :

**Tabel 6. Uji Heteroskedastisitas pada model *fixed effect* tanpa pembobotan (*unweighted*)**

Dependent Variable: SAHAM  
Method: Panel Least Squares  
Date: 12/16/18 Time: 21:09  
Sample: 2013 2017  
Periods included: 5  
Cross-sections included: 5  
Total panel (balanced) observations: 25

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PER	1.045590	0.252817	4.135760	0.0007
PBV	0.332374	0.312284	1.064332	0.3021
EPS	0.220212	0.131651	1.672692	0.1127
C	4.245791	1.062090	3.997581	0.0009

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)			
R-squared	0.961459	Mean dependent var	8.484800
Adjusted R-squared	0.945589	S.D. dependent var	0.917493
S.E. of regression	0.214015	Akaike info criterion	0.008798
Sum squared resid	0.778642	Schwarz criterion	0.398838
Log likelihood	7.890029	Hannan-Quinn criter.	0.116978
F-statistic	60.58430	Durbin-Watson stat	1.170339
Prob(F-statistic)	0.000000		

**Tabel 7. Uji Heteroskedastisitas pada model *fixed effect* dengan pembobotan (*weighted*)**

Dependent Variable: SAHAM  
Method: Panel EGLS (Cross-section weights)  
Date: 12/16/18 Time: 21:10  
Sample: 2013 2017  
Periods included: 5  
Cross-sections included: 5  
Total panel (balanced) observations: 25  
Linear estimation after one-step weighting matrix

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PER	1.544711	0.348210	4.436141	0.0002
PBV	-0.099572	0.269733	-0.369149	0.7157
EPS	0.870909	0.169624	5.134335	0.0000
C	-0.640772	1.327695	-0.482620	0.6344

Weighted Statistics			
R-squared	0.891314	Mean dependent var	12.03042
Adjusted R-squared	0.875787	S.D. dependent var	8.313087
S.E. of regression	0.424705	Sum squared resid	3.787858
F-statistic	57.40555	Durbin-Watson stat	0.434310
Prob(F-statistic)	0.000000		

Unweighted Statistics			
R-squared	0.664703	Mean dependent var	8.484800
Sum squared resid	6.774021	Durbin-Watson stat	0.378999

Hasil perbandingan antara kedua metode tersebut ditunjukkan pada tabel dibawah ini

**Tabel 8. Perbandingan Hasil Uji Fixed Effect Unweighted dengan Weighted**

Parameter	FE unweighted	FE weighted
Prob. T-stat	2 variabel < 0,05 1 variabel >0,05	1 variabel < 0,5 2 variabel > 0,05
R squared	0,9514	0,8913
Prob F stat	0,0000	0,0000

Berdasarkan tiga parameter, terdapat perbedaan pada dua parameter yaitu *prob t stat* dan *r squared* sehingga dapat diindikasikan telah terjadi pelanggaran heteroskedasitas. Oleh karena itu model yang dibentuk harus dibersihkan terlebih dahulu dari permasalahan heteoskedasitas. Hal ini dapat dilakukan dengan membentuk model baru dengan menggunakan *coef covarian method* dengan opsi *white diagonal* untuk menghilangkan gangguan heteroskedasitas. Model baru ini selanjutnya disebut sebagai model 2, sebagaimana ditunjukkan pada tabel 9 dibawah ini :

**Tabel 9. Model 2 Coef Covarian Methode  
(white diagonal option)**

Dependent Variable: SAHAM  
Method: Panel Least Squares  
Date: 12/16/18 Time: 22:00  
Sample: 2013 2017  
Periods included: 5  
Cross-sections included: 5  
Total panel (balanced) observations: 25  
White diagonal standard errors & covariance (d.f. corrected)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PER	1.045590	0.240274	4.351649	0.0004
PBV	0.332374	0.203599	1.632496	0.1210
EPS	0.220212	0.235254	0.936060	0.3624
C	4.245791	1.433501	2.961834	0.0087

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)			
R-squared	0.961459	Mean dependent var	8.484800
Adjusted R-squared	0.945589	S.D. dependent var	0.917493
S.E. of regression	0.214015	Akaike info criterion	0.008798
Sum squared resid	0.778642	Schwarz criterion	0.398838
Log likelihood	7.890029	Hannan-Quinn criter.	0.116978
F-statistic	60.58430	Durbin-Watson stat	1.170339
Prob(F-statistic)	0.000000		

### 6. Uji Multikolinearitas

Untuk mengetahui apakah model yang telah terbebas dari permasalahan heteroskedasitas tersebut terbebas dari permasalahan multikolinearitas maka dapat ditunjukkan pada tabel di bawah ini yang menunjukkan *correlation* antar variabel bebas. Apabila indikator menunjukan < 0,8 maka terbebas dari multikolinearitas,

**Tabel 10. Uji Multikolinearitas**

	PER	PBV	EPS
PER	1.000000	0.67952	0.21891
PBV	0.67952	1.000000	0.656851
EPS	0.21891	0.656851	1.000000

Pada tabel 10 tersebut diatas menunjukan bawah seluruh indikator menunjukkan hasil < 0,8 sehingga menunjukan bahwa model terbebas dari multikolinearitas.

### 7. Pemilihan Model Terbaik

Berdasarkan metode pemilihan model dan uji klasik yang telah dilakukan maka pemilihan model terbaik adalah model 2 sebagai berikut

$$\ln SHM = 4.245 + 1.045 \ln PER + 0.332 \ln PBV + 0.220 \ln EPS_{it} + e_{it} \quad (5)$$

## Uji F

Berdasarkan hasil uji F dari tabel di bawah menunjukkan bahwa tingkat (Sig.) 0,000 atau dengan nilai signifikansi 0,000 yang lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05. Hal tersebut membuktikan, bahwa terdapat pengaruh signifikan secara simultan variabel independen *Price Earning Ratio (PER)*, *Price Book Value (PBV)* dan *Earning Price per Share (EPS)* terhadap variabel dependen harga saham emiten perbankan LQ 45.

## Uji T

Untuk mengetahui signikansi variabel dependent secara parsial maka dilakukan uji t. Hasil uji t dapat ditunjukan pada probalitas t statistic. Apabila hasil Sig. lebih kecil dari 0,05 (Sig.<0,05) 0,05 maka dapat dinyatakan bahwa variabel independen tersebut berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen secara parsial.

Berdasarkan hasil tabel diatas untuk uji regresi parsial menunjukkan bahwa:

- a. Variabel *Price Earning Ratio (PER)* memiliki nilai koefisien sebesar 1.045 dan signifikansi 0.00 yang artinya variabel PER berpengaruh positif dan signifikan terhadap harga saham emiten perbankan LQ45. Pada hipotesis hasilnya adalah tolak  $H_0$  dan terima  $H_a$  sehingga hipotesis yang menyatakan terdapat pengaruh positif dan signifikan PER terhadap harga saham emiten perbankan LQ 45 dapat diterima.
- b. Variabel *Price Book Value (PBV)* memiliki koefisien sebesar 0.332 dan signifikansi 0.121 yang berarti variabel PBV berpengaruh positif dan tidak signifikan terhadap harga saham emiten perbankan LQ45. Dengan demikian pada hipotesis kedua hasilnya adalah terima  $H_0$  dan tolak  $H_a$  sehingga hipotesis yang menyatakan ada pengaruh positif dan signifikan PBV terhadap harga saham emiten perbankan LQ45 tidak dapat diterima.
- c. Variabel *Earning Price Ratio (EPS)* memiliki koefisien sebesar 0.220 dan signifikansi 0.362 yang berarti variabel EPS berpengaruh positif dan tidak signifikan terhadap harga saham emiten perbankan LQ45. Dengan demikian pada hipotesis kedua hasilnya adalah terima  $H_0$  dan tolak  $H_a$  sehingga hipotesis yang menyatakan ada pengaruh positif dan signifikan EPS terhadap harga saham emiten perbankan LQ45 tidak dapat diterima.

## Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi adalah derajat kemampuan seluruh variabel independen untuk menjelaskan variabel dependennya. Pada Model 2 dalam tabel 9, menunjukkan nilai koefisiensi determinasi *Adjusted R Square* sebesar = 0,945 atau sebesar 94.5% yang berarti bahwa variabel PER, PBV dan EPS secara bersama-sama

mempengaruhi harga saham emiten perbankan LQ45 sebesar 94.5% sedang sisanya sebesar 5.5% dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dijelaskan dalam penelitian ini.

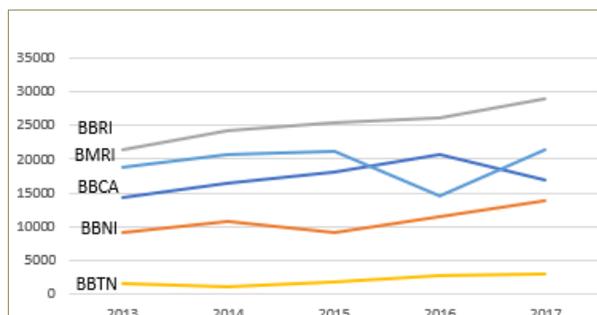
### 3.2. PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji statistik diketahui bahwa model yang dibuat dapat diterima. Ketiga variabel independen yaitu *PER*, *PBV* dan *EPS* signifikan secara simultan mempengaruhi harga saham emiten perbankan LQ45. Hal ini menunjukkan bahwa investor dalam mengambil keputusan mempertimbangkan ketiga variabel tersebut secara bersama-sama. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa ketiga variabel tersebut merupakan komponen yang menjadi pertimbangan penting bagi investor dalam mengambil keputusan.

Secara parsial ketiga variabel yaitu *PER*, *PBV* dan *EPS* memiliki koefisien positif yang mengindikasikan hubungan positif dengan variabel dependen harga saham. Setiap kenaikan nilai ketiga variabel tersebut memberikan persepsi ekspektasi dan optimisme bagi investor terhadap kinerja perusahaan yang lebih baik sehingga mendorong minat investor untuk membeli saham emiten perusahaan tersebut yang dapat menyebabkan harga saham emiten mengalami kenaikan.

Dari ketiga variabel independen, *PER* memiliki pengaruh signifikan secara parsial dibandingkan dengan kedua variabel *PBV* dan *EPS* yang tidak signifikan. Hasil penelitian ini sependapat dengan Cahyaningrum dan Antikasari [3] dan Desiana [4] yang menyatakan *PER* mempunyai pengaruh yang positif dan signifikan terhadap harga saham. Sedangkan pengaruh *PBV* dan *EPS* yang tidak signifikan sependapat dengan penelitian Abimantara [7], Beliani dan Budiantara [6] yang menyatakan bahwa *PBV* secara parsial tidak signifikan, serta Zen dan Fadia [10] yang menyatakan bahwa *EPS* tidak signifikan terhadap harga saham.

Pengaruh *PER* yang signifikan menunjukkan bahwa perkembangan laba perusahaan menjadi prioritas pertimbangan investor. Selama periode penelitian tahun 2013 sampai dengan 2017 menunjukkan bahwa laba emiten perbankan menunjukkan *trend* yang meningkat dan ini menjadi faktor yang menarik bagi investor dalam mempertimbangkan saham emiten perbankan ini.



**Gambar 2. Perkembangan Laba Emiten Perbankan LQ 45**

Selain faktor *trend* perkembangan laba tersebut, faktor pendukung lainnya adalah nilai *PER* emiten perbankan LQ45 sebagian besar berada di bawah nilai rata-rata *PER* industri yang artinya rata-rata harga saham emiten perbankan pada periode tahun 2013 -2017 relatif murah. Hal ini menjadi insentif yang menarik bagi investor untuk berinvestasi pada saham emiten perbankan indeks LQ45.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa secara simultan variabel *PER*, *PBV* dan *EPS* berpengaruh signifikan terhadap harga saham emiten perbankan LQ45. Sedangkan secara parsial variabel *PER* merupakan variabel yang paling berpengaruh dibandingkan dengan kedua variabel lainnya yaitu *PBV* dan *EPS*. Hal ini ditunjukkan dari hasil uji signifikansi secara parsial dimana variable *PER* berpengaruh secara signifikan, sedangkan variable *PBV* dan *EPS* tidak signifikan. Dominasi variable *PER* juga ditunjukkan oleh nilai koefisien beta variable *PER* yang paling besar dibandingkan kedua variabel *PBV* dan *EPS*.

### 4.2. SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa laba adalah faktor fundamental yang paling penting dan menjadi pertimbangan utama bagi investor dalam berinvestasi. Oleh karena itu penting bagi manajemen perusahaan emiten keuangan perbankan yang terdaftar pada LQ45 untuk menjaga sustainability dan pertumbuhan laba perusahaan.

Penelitian ini terbatas pada saham emiten perbankan dalam LQ 45 dan tiga variabel independen. Oleh karena itu untuk penelitian lanjutan dapat dikembangkan kepada sektor lainnya dan juga dengan menambah variabel independen yang berpengaruh terhadap harga saham

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Pertamina, Fakultas Ekonomi dan Bisnis serta Prodi Manajemen Universitas Pertamina yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] OJK, (2017), Laporan Profil Industri Perbankan, Triwulan
- [2] OJK, (2016 -2017), Statistik Mingguan Pasar Modal
- [3] Chayingrum & Antikasari, (2017), Pengaruh Earning per Share, Price to Book Value, Return on Asset dan Return on Equity terhadap harga saham sektor keuangan, *Jurnal Economia*, Volume 13, Solo, Indonesia, Universitas Sebelas Maret
- [4] Desiana, (2017), Pengaruh PriceEarning Ratio (PER), Earning Per Share (EPS), Devidend Yield Ratio (DYR), Dividend Payout Ratio (DPR), Book Value per Share (BVS) and Price Book Value (PBV) Sharia shares terhadap harga saham perusahaan sub sektor food and beverage yang terdaftar di Jakarta Islamic Indeks (JII) tahun 2011-2015, *Jurnal I-Finance* Vol. 3. No. 2, Palembang, Indonesia, Universitas Islam Raden Fatah.
- [5] Wijayanti, (2010), Analisis Kinerja Keuangan dan Harga saham Perbankan di Bursa Efek Indonesia (BEI), *Journal of Indonesia Applied Economics*, Vol 4 No.1 Mei 2010, 71-80
- [6] Beliani, Makdalena & Budiantara, (2015), Pengaruh Price Earning Ratio, Price to Book Value terhadap harga saham perusahaan asuransi yang terdaftar pada Bursa Efek Indonesia tahun 2009-2012, *Jurnal Riset Akuntansi Mercu Buana*, Vol.1 No.1
- [7] Abimantrana, Alep Pradipta, (2013), The influence of Financial Performance on stock price around publication date of financial statement (a study in food and beverage companies listed on BEI), *Jurnal Imliah Mahasiswa Universitas Brawijaya*
- [8] Valentino & Sulastro, (2013), Pengaruh Return on Assets (ROA), Current Ratio (SR), Return On Equity (ROE), Debt to Equity Ratio dan Earning Per Share terhadap harga saham perusahaan manufaktur sektor industri barang konsumsi di BEI, *Proceeding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur & Teknik Sipil)*, Vol. 5 Oktober 2013, ISSN: 1858-2559,
- [9] Dewi & Suaryana, (2013), *Pengaruh EPS, DER dan PBV terhadap harga Saham*, E Jurnal Universitas Udayana, Vol 4 No1, ISSN 2302-8556.
- [10] Zen, Fadia, (2009), *Earning per Share, Book Value, Economic Value Added (EVA) dan harga saham*, *Jurnal Management Gajayana*, Vol.6 No.2
- [11] Brigham & Houston, (2014), *Financial Management*, third edition Cengage Learning, Singapore.

- [12] Gujarati, Damodar N. (1995), *Basic Econometrics*, Third Edition, Singapore, McGraw Hill
- [13] Basuki, Prawoto (2016), *Analisis Regresi dalam Penelitian ekonomi dan Bisnis dalam aplikasi SPSS dan Eviews*, PT Rajagrafindo Persada, Jakarta.

## KLASIFIKASI GIGITAN ULAR MENGGUNAKAN LOCAL BINARY PATTERN DAN NAÏVE BAYES

Fathur Rohman<sup>1</sup>, Adiwijaya<sup>2</sup>, dan Dody Qori Utama<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

<sup>2</sup> Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

<sup>3</sup> Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

E-mail: [fathrohman@students.telkomuniversity.ac.id](mailto:fathrohman@students.telkomuniversity.ac.id)

### ABSTRACT

*Cases of poisonous snake bites around the world are estimated to occur around 421,000 cases and 20,000 of them die every year. Identifying snake bite marks on victims will greatly help the medical team in handling victims of snake bites and will avoid fatal errors such as the death of the victim. This research will try to create a system that can classify snake bites images. The system has been built using the extraction method Local Binary Pattern (LBP) and Naive Bayes. Parameter  $r$  is a radius, while parameter  $P$  is the number of neighbor. The best result of this system has accuracy 83.33%, precision 1.00, recall 0.75, and F1 Score 0.86, parameter that used are  $r = 1$  with  $P = 8$  and  $r = 3$  with  $P = 16$ . The dataset used has 20 data, the data divided into 14 training data and 6 testing data.*

**Keywords:** Snake Bite, Local Binary Pattern, Naïve Bayes

### ABSTRAK

*Kasus gigitan ular berbisa di seluruh dunia diperkirakan terjadi sekitar 421.000 kasus dan 20.000 diantaranya meninggal dunia setiap tahunnya. Mengidentifikasi bekas gigitan ular pada korban akan sangat membantu tim medis dalam melakukan penanganan terhadap korban gigitan ular dan akan menghindari kesalahan yang fatal seperti kematian korban. Penelitian ini akan mencoba membuat sistem yang dapat mengklasifikasikan gambar gigitan ular. Sistem yang telah dibangun menggunakan metode fitur ekstraksi Local Binary Pattern (LBP) dan Naive Bayes. Parameter  $r$  merupakan radius, sedangkan parameter  $P$  merupakan jumlah neighbor. Hasil terbaik yang didapatkan sistem ini yaitu akurasi sebesar 83.33%, precision sebesar 1.00, recall sebesar 0.75, dan F1 Score sebesar 0.86, parameter yang digunakan yaitu  $r = 1$  dengan  $P = 8$  dan  $r = 3$  dan  $P = 16$ . Dataset yang digunakan memiliki 20 data, data dibagi menjadi 14 data train dan 6 data test.*

**Kata kunci:** Gigitan Ular, Local Binary Pattern, Naïve Bayes

## 1. PENDAHULUAN

Ular merupakan hewan yang bisa hidup dimana saja, kecuali daerah yang beku dan ketinggian yang tinggi, salah satu habitat ular adalah daerah yang beriklim tropis. Indonesia merupakan suatu negara yang beriklim tropis dan berada Asia Tenggara sehingga resiko terkena gigitan ular sangat tinggi. Kasus gigitan ular berbisa di seluruh dunia diperkirakan terjadi sekitar 421.000 kasus dan 20.000 diantaranya meniggal dunia setiap tahunnya [9].

Hal yang dilakukan oleh tim medis dalam melakukan penanganan terhadap korban gigitan ular, hal yang sangat penting dalam pengobatannya adalah mengidentifikasi spesies ular yang menggigit korban. Mengidentifikasi spesies ular yang menggigit korban akan sangat membantu tim medis dalam melakukan cara penanganan terhadap korban gigitan ular dan akan menghindari kesalahan dalam penanganan yang dapat mengakibatkan kesalahan yang fatal seperti kematian korban [1].

Umumnya untuk mengidentifikasi apakah seseorang yang digigit ular akan terkena racun adalah dengan melakukan tes medis atau dengan melihat jenis ular yang menggigit orang tersebut [4]. Cara lain mengidentifikasi bekas gigitan ular dapat mengetahui apakah gigitan tersebut berasal dari ular berbisa atau tidak [14]. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Nishoka, dia membuktikan bahwa bekas gigitan akan berguna dalam mendiagnosa gigitan ular di Brazil. Pada penelitian ini, hasil gigitan ular berbisa memiliki nilai sensitivitas sebesar 100 persen, *specificity* 56 persen, dan nilai prediksi positif sebesar 89 persen. Sedangkan hasil gigitan ular tidak berbisa memiliki nilai sensitivitas 56 persen, *specificity* 100 persen, dan nilai prediksi positif 100 persen [4].

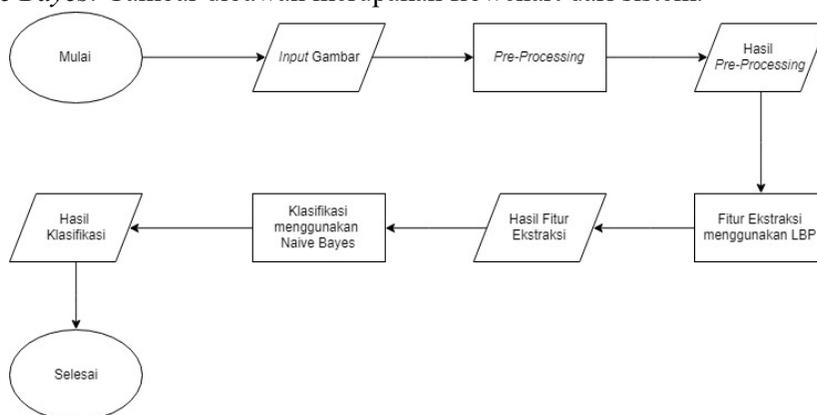
Pada penelitian ini telah dilakukan pengklasifikasian gambar gigitan ular menggunakan Matlab dan Python. Pengklasifikasian dalam penelitian ini, metode yang digunakan yaitu ekstraksi fitur menggunakan *Local Binary Patterns* (LBP) dan algoritma klasifikasi menggunakan *Naive Bayes*, sedangkan evaluasi hasilnya menggunakan *F-Measure*. Pemilihan ekstraksi fitur ini merujuk pada paper [11] yang menunjukkan bahwa LBP dapat meningkatkan tingkat *recognition* pada gambar. Pemilihan *classifier* ini merujuk pada paper [19] yang mengatakan bahwa *Naive Bayes* merupakan salah satu algoritma yang paling efisien dan efektif karena ketergantungan kuat setiap atributnya maupun memisahkan ketergantungan atributnya, *Naive Bayes* masih bekerja dengan baik. Beberapa penelitian yang menjelaskan tentang Bayesian juga ada di paper [2][3][12][13][15][16].

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu data yang digunakan berupa 20 gambar bekas gigitan ular pada manusia dimana 13 diantaranya gambar bekas gigitan ular berbisa dan 7 lainnya gambar bekas gigitan ular tidak berbisa. Gambar ini didapatkan

dari *CommDIS Telkom University*. Semua gambar telah dipotong pixelnya untuk diambil dibagian bekas gigitannya saja dan ukurannya diubah menjadi 400x400 pixel. Fokus dari penelitian ini yaitu sistem dapat mengklasifikasikan gambar gigitan ular berbisa dan gambar gigitan ular tidak berbisa.

## 2. DASAR TEROI DAN PERANCANGAN

Sistem yang akan dibangun dalam penelitian ini adalah sistem yang dapat melakukan klasifikasi dan pengenalan menggunakan *Local Binary Patterns* (LBP) dan *Naive Bayes*. Gambar dibawah merupakan flowchart dari sistem.



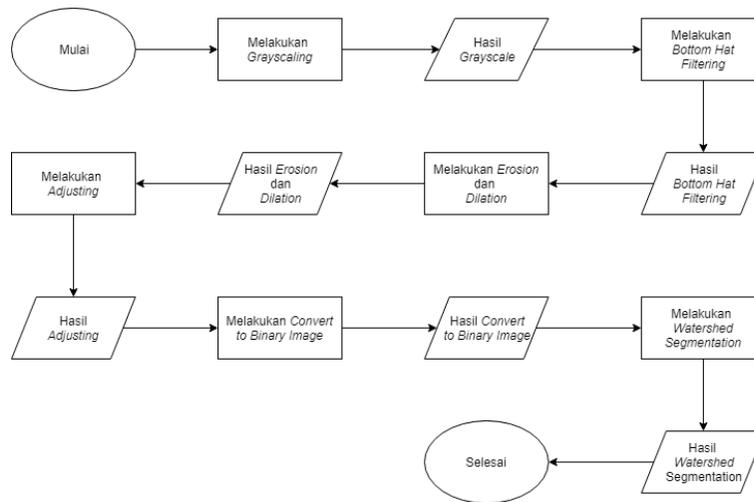
Gambar 2-1 Flowchart umum rancangan sistem

Langkah awal dalam perancangan sistem ini adalah menentukan dan membagi-bagi *dataset* berdasarkan jenisnya. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data gambar bekas gigitan ular yang berjumlah 20 gambar dan dapat diperoleh dari *CommDIS Telkom University* yang dapat diakses melalui situs <http://commdis.telkomuniversity.ac.id/dataset/Data%20Gigitan.rar>. Adapun pembagian data train dan data test dibagi menjadi 14 data train dan 6 data test.

Pada sistem perancangan klasifikasi gigitan ular, tahapannya dibagi menjadi beberapa bagian yaitu tahap *preprocessing*, tahap ekstraksi fitur, dan tahap klasifikasi.

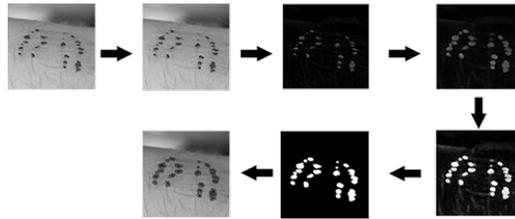
### 2.1 Pre-Processing

Dalam pre-processing hal yang akan dilakukan akan dibagi menjadi beberapa bagian yaitu mengubah gambar menjadi gambar grayscale, erotion dan dilation, Bottom Hat Filtering, Adjusting, Convert to Binary Image, dan melakukan proses segmentasi. Gambar dibawah merupakan flowchart dari bagian pre-processing:

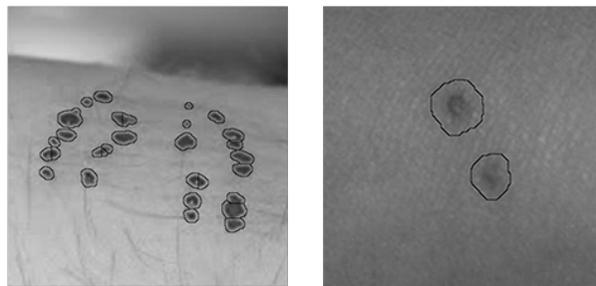


Gambar 2-2 Flowchart pre-processing

- Melakukan *grayscale* pada gambar.
- Melakukan *Bottom Hat Filtering*, yaitu menghitung *morphological* gambar kemudian melakukan *subtract* pada gambar asli.
- Melakukan *Erosion* atau *Dilation*. *Erosion* merupakan suatu cara untuk mereduksi nilai pixel. *Dilation* merupakan suatu cara untuk menambahkan nilai pixel.
- Melakukan *adjusting*, yaitu melakukan penyesuaian pixel.
- Melakukan *convert to binary image*, yaitu merubah gambar *grayscale* menjadi gambar biner.
- Melakukan *Watershed Segmentation*, yaitu proses pencarian pola. Metode ini digunakan untuk mendapatkan pola dari gambar gigitan ular. *Watershed Segmentation* menentukan pola dengan menggunakan perbedaan antar pixel dari gambar biner.



Gambar 2-3 Ilustrasi pada pre-processing



Gambar 2-4 Hasil dari Watershed Segmentation

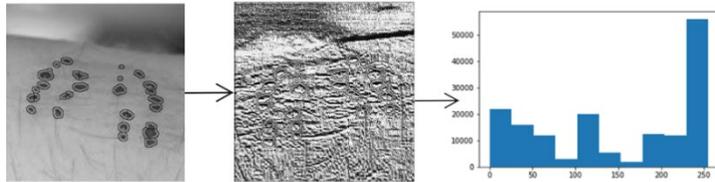
## 2.2 Ekstraksi Fitur

Dalam proses ekstraksi, metode yang digunakan adalah LBP. Metode ini dapat mengekstraksi local neighbor texture dari gambar grayscale. Hal pertama yang dilakukan LBP yaitu menghitung nilai biner dari setiap pixel gambar dan nilai local neighbor dari gambar grayscale. Lalu nilai biner tersebut digunakan oleh LBP untuk mengekstraksi gambar menjadi image feature [11]. LBP membandingkan setiap neighbor dengan cara sebagai berikut.

$$LBP_{pr} = \sum_{p=0}^{p-1} s(g_c - g_p) 2^p, s(x) \begin{cases} 1, x \geq 0 \\ 0, x < 0 \end{cases}$$

$g_c$  merupakan nilai tengah pixel,  $g_p$  merupakan nilai dari *neighbor*,  $p$  merupakan jumlah *neighbor* yang berhubungan, dan  $r$  merupakan radius dari

*neighbor* [5]. Setelah LBP teridentifikasi, LBP akan menghasilkan karakteristik gambar dalam *histogram*, yang merepresentasikan sebagai matriks berbentuk  $1 \times n$



Gambar 2-5 Proses dalam LBP

## 2.3 Klasifikasi

Hasil gambar yang sebelumnya sudah di modifikasi saat pre-processing dan ekstraksi fitur akan dilakukan training dan testing menggunakan algoritma *Naïve Bayes*. *Naïve Bayes* menghitung probability dengan rumus berikut [19].

$$p(c|E) = \frac{p(E|c)p(c)}{p(E)}$$

$p(c|E)$  merupakan posterior *probability*, dimana hipotesis  $c$  dalam data  $E$ .  $p(E|c)$  merupakan probability data  $E$  memberikan hipotesis  $c$  benar.  $p(c)$  merupakan *probability* dari hipotesis  $c$  benar.  $p(E)$  merupakan *probability* data.

*Naïve Bayes* memproses data *discrete* dan *continuous* dengan cara yang berbeda. Formula dari *Naïve Bayes* yang digunakan untuk data *discrete* yaitu berdasarkan rumus 2, sedangkan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data *continuous* [8]. Data *continuous* dapat diproses menggunakan formula dari *Gaussian Naïve Bayes*

$$p(X_i|y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_y^2}} \exp\left(-\frac{(x_i - \mu_y)^2}{2\pi\sigma_y^2}\right)$$

$p(X_i|y)$  merupakan *probability*  $X_i$  pada label  $y$ .  $\sigma_y$  merupakan standar deviasi.  $\mu_y$  merupakan nilai *mean* dari  $y$ . parameter  $\sigma_y$  dan  $\mu_y$  merupakan *maximum likelihood*. *Likelihood* merupakan *probability* dari suatu data memberikan prediksi benar.

## 2.4 Mengukur Performa

Untuk mengukur performa dari sistem yang telah dibangun, metode perhitungan yang akan digunakan yaitu *F-Measure*. Dalam melakukan perhitungan *F-Measure*, hal lain yang akan dihitung yaitu akurasi, *precision*, dan *recall* [18]. Berikut ini rumus dari *F1 Score*, *precision*, *recall* dan akurasi.

$$F1 = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

Dari rumus sebelumnya ada beberapa variabel yang akan dijelaskan. TP (*True Positive*) yaitu prediksi kelas positif dan kelas asli positif. TN (*True Negative*) yaitu prediksi kelas negatif dan kelas asli negatif. FP (*False Positive*) yaitu prediksi kelas positif dan kelas asli negatif, FN (*False Negative*) yaitu prediksi kelas negatif dan kelas asli positif.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengujian

Data yang digunakan pada penilitain ini berupa gambar bekas gigitan ular berbisa dan tidak berbisa. *Dataset* yang digunakan memiliki 2 kelas, yaitu 0 dan 1, dimana 0 berarti gambar bekas gigitan ular tidak berbisa dan 1 berarti gambar bekas gigitan ular berbisa. Dalam penghitungan *F-Measure*, kelas 1 merupakan nilai positif sedangkan kelas 0 merupakan nilai negatif.

Gambar yang masuk dalam preprocessing akan melakukan *Dilation* dan *Erosion*. Setiap gambar saat masuk pada preprocessing ada yang hanya menggunakan *Erosion* atau *Dilation* dan ada yang menggunakan keduanya. Penggunaan *Erosion* atau *Dilation* berdasarkan apakah jika dengan hanya menggunakan salah satunya dapat membersihkan gambar maka hanya akan digunakan salah satunya.

Atribut yang digunakan dalam *classifier* yaitu jumlah nilai pixel. Keluaran dari fitur ekstraksi yaitu *histogram*, *histogram* hasil fitur ekstraksi memiliki 2 nilai yaitu

nilai pixel dan jumlah nilai pixel. Nilai pixel digunakan sebagai atributnya sedangkan jumlah nilai pixel digunakan sebagai *value* dari atribut.

Parameter yang digunakan untuk *training* dan *testing* yaitu *r* dan *P*. Parameter *r* merupakan radius, dimana jarak pixel dari titik tengah dengan *neighbor*. Parameter *P* merupakan jumlah *neighbor* yang akan digunakan sebagai perbandingan untuk nilai tengah. Rentang nilai *P* dan *r* yang digunakan yaitu  $P = 8$  sampai  $P = 24$ , dan  $r = 1$  sampai  $r = 4$ . Rentang nilai *P* jika semakin besar, pengolahan akan semakin lama dan memuat memory semakin besar itu sebabnya hanya menggunakan hingga 24. Rentang nilai *r* hanya sampai 4 karena semakin besar tidak menunjukkan semakin baik hasilnya.

Dalam skenario pertama pembagian data dibagi menjadi 14 data *train* dan 6 data *test* dengan menggunakan *random state* sebesar 25. Dalam skenario kedua pembagian data menggunakan *cross validation 3 fold*, dimana semua data dibagi menjadi 3 *section*. Semua *section* akan menjadi data *test*, lalu nilai akhir akan didapatkan dari nilai rata-rata semua dari *section*. Nilai rata-rata pada skenario pertama yaitu akurasi sebesar 64.82%, *precision* sebesar 0.92, *recall* sebesar 0.56, dan *F1 Score* sebesar 0.67. Nilai rata-rata pada skenario kedua yaitu akurasi sebesar 62.96%, *precision* sebesar 0.69, *recall* sebesar 0.82, dan *F1 Score* sebesar 0.73.

Tabel 3-1 Hasil test menggunakan nilai *r* dan *P* pada skenario pertama

No	r	P	Precision	Recall	F1	Akurasi
1	1	8	1.00	0.75	0.86	83.33%
2	2	8	1.00	0.50	0.67	66.67%
3	2	16	1.00	0.50	0.67	66.67%
4	3	8	1.00	0.50	0.67	66.67%
5	3	16	1.00	0.75	0.86	83.33%
6	3	24	0.67	0.50	0.57	50.00%
7	4	8	1.00	0.25	0.40	50.00%
8	4	16	1.00	0.50	0.67	66.67%
9	4	24	0.60	0.75	0.67	50.00%

Tabel 3-2 Hasil test menggunakan nilai *r* dan *P* pada skenario kedua

No	r	P	Precision	Recall	F1	Akurasi
1	1	8	0.91	0.75	0.82	77.77%
2	2	8	0.62	0.66	0.64	55.55%
3	2	16	0.74	0.92	0.81	72.22%
4	3	8	0.64	0.75	0.68	55.55%
5	3	16	0.69	0.92	0.78	66.67%
6	3	24	0.62	0.83	0.71	55.55%
7	4	8	0.64	0.67	0.63	55.55%
8	4	16	0.69	0.92	0.78	66.66%
9	4	24	0.64	0.92	0.75	61.11%

## 3.2 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil testing dari skenario pertama, hasil terbaik yang didapatkan yaitu akurasi sebesar 83.33%, *precision* sebesar 1.00, *recall* sebesar 0.75, dan *f1 score* sebesar 0.86. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan nilai *precision* sebesar 1.00, maka berhasil melabelkan semua gambar gigitan ular berbisa dengan benar seluruhnya. Berdasarkan hasil dari *recall* sebesar 0.75 menunjukkan bahwa, sistem akan gagal mengenali 1 gambar ular berbisa dari 4 gambar ular berbisa. Berdasarkan percobaan yang dilakukan gambar yang cukup sulit dikenali berbeda-beda, tergantung parameter yang digunakan.

Hasil dari skenario kedua, hasil terbaik yang didapatkan yaitu akurasi sebesar 77.77%, *precision* sebesar 0.91, *recall* sebesar 0.75, dan *f1 score* sebesar 0.82. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan nilai *precision* sebesar 0.91, jika sistem melabelkan 100 gambar gigitan ular, 9 dari 100 gambar tersebut salah dalam pelabelan. Berdasarkan hasil dari *recall* sebesar 0.75 menunjukkan bahwa, sistem akan gagal mengenali 1 gambar ular berbisa dari 4 gambar ular berbisa.

Hasil testing dalam skenario pertama dan skenario kedua menunjukkan bahwa nilai *P* dan *r* sangat berpengaruh terhadap hasil klasifikasi. Hasil terbaik yang didapatkan pada skenario pertama yaitu pada saat menggunakan parameter  $P = 8$  dengan  $r = 1$  dan  $P = 16$  dengan  $r = 3$ . Sedangkan hasil terbaik dari skenario kedua saat parameter yang digunakan yaitu  $r = 1$  dan  $P = 8$ . Hal ini menunjukkan bahwa setiap perubahan pada parameter *P* dan *r* akan mempengaruhi hasil baik itu membuat hasil lebih baik ataupun lebih buruk.

Berdasarkan hasil dari kedua skenario, bisa kita ketahui bahwa perbedaan yang sangat berbeda dalam data *train* dan data *test* dapat mempengaruhi hasil dari klasifikasi. Dalam Penelitian ini dikarenakan jumlah data yang sedikit, setiap kali merubah data mana yang akan digunakan sebagai data *train* dan data *test* dapat memiliki hasil yang sangat berbeda.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, performa dari sistem yang telah dibangun mendapatkan hasil terbaik yaitu akurasi sebesar 83.33%, *precision* sebesar 1.00, *recall* sebesar 0.0.75, dan *f1 score* sebesar 0.86. Hasil terbaik tersebut menggunakan parameter  $r = 1$  dengan  $P = 8$  dan  $r = 3$  dengan  $P = 16$  menggunakan random state sebesar 25.

Sistem yang telah dibangun dapat melakukan pengklasifikasian gigitan ular dengan baik sangat bergantung kepada parameter yang digunakan saat fitur ekstraksi dan data mana yang digunakan untuk training dan testing. Kebergantungan data mana yang digunakan sebagai data *train* dan data *test* diketahui berdasarkan perbedaan hasil yang sangat berbeda pada skenario pertama dengan skenario kedua. Hal ini bisa disebabkan karena sedikitnya jumlah data yang dapat digunakan dan kualitas dari setiap datanya berbeda-beda.

Saran untuk penelitian yang menyerupai penelitian ini, perbanyak jumlah data dan kualitas data ditingkatkan. Berdasarkan penelitian ini kualitas dan kuantitas data sangat berpengaruh terhadap hasil penelitian. Selain itu bisa coba gunakan metode klasifikasi dan fitur ekstraksi yang berbeda, misalkan menggunakan *Princial Component Analysis* untuk fitur ekstraksi dan *Neural Network* untuk klasifikasi. Jika ingin menggunakan *Neural Network* sebaiknya perbanyak jumlah data terlebih dahulu supaya classifier berfungsi dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [15] E. Alirol, S. K. Sharma, H. S. Bawaskar, U. Kuch, and F. Chappuis. Snake bite in south asia: a review. *PLoS neglected tropical diseases*, 4(1):e603, 2010.
- [16] A. H. R. Z. Arifin, M. S. Mubarak, and A. Adiwijaya. Learning struktur bayesian networks menggunakan novel modified binary differential evolution pada klasifikasi data. In *Indonesia Symposium on Computing (IndoSC) 2016*, 2016..
- [17] R. A. Aziz, M. S. Mubarak, and A. Adiwijaya. Klasifikasi topik pada lirik lagu dengan metode multinomial naive bayes. In *Indonesia Symposium on Computing (IndoSC) 2016*, 2016.
- [18] B. S. Gold, R. C. Dart, and R. A. Barish. Bites of venomous snakes. *New England Journal of Medicine*, 347(5):347–356, 2002.
- [19] Z. Guo, L. Zhang, and D. Zhang. A completed modeling of local binary pattern operator for texture classification. *IEEE transactions on image processing*, 19(6):1657–1663, 2010.
- [20] N. Hernawati, D. Utama, et al. Image processing for snake identification

- based on bite using local binary pattern and support vector machine method. In *Journal of Physics: Conference Series*, volume 1192, page 012007. IOP Publishing, 2019.
- [21] A. James. Snake classification from images. *PeerJ Preprints*, 5:e2867v1, 2017.
- [22] G. H. John and P. Langley. Estimating continuous distributions in bayesian classifiers. In *Proceedings of the Eleventh conference on Uncertainty in artificial intelligence*, pages 338–345. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1995.
- [23] A. Kasturiratne, A. R. Wickremasinghe, N. de Silva, N. K. Gunawardena, A. Pathmeswaran, R. Premaratna, L. Savioli, D. G. Laloo, and H. J. de Silva. The global burden of snakebite: a literature analysis and modelling based on regional estimates of envenoming and deaths. *PLoS medicine*, 5(11):e218, 2008.
- [24] W. Lou, X. Wang, F. Chen, Y. Chen, B. Jiang, and H. Zhang. Sequence based prediction of dna-binding proteins based on hybrid feature selection using random forest and gaussian naive bayes. *PloS one*, 9(1):e86703, 2014.
- [25] Y. Luo, C.-m. Wu, and Y. Zhang. Facial expression recognition based on fusion feature of pca and lbp with svm. *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, 124(17):2767–2770, 2013.
- [26] M. S. Mubarak, Adiwijaya, and M. D. Aldhi. Aspect-based sentiment analysis to review products using naïve bayes. In *AIP Conference Proceedings*, volume 1867, page 020060. AIP Publishing, 2017.
- [27] M. S. Mubarak, A. Adiwijaya, et al. Klasifikasi multi-label pada topik ayat qur’an terjemahan bahasa inggris menggunakan tree augmented naïve bayes (tan). *eProceedings of Engineering*, 5(1), 2018.
- [28] S. D. A. Nishioka, P. V. P. Silveira, and F. A. Bauab. Bite marks are useful for the differential diagnosis of snakebite in brazil. *Wilderness & environmental medicine*, 6(2):183–188, 1995.
- [29] R. A. Pane, M. S. Mubarak, N. S. Huda, et al. A multi-label classification on topics of quranic verses in english translation using multinomial naive bayes. In *2018 6th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*, pages 481–484. IEEE, 2018.
- [30] M. D. Purbolaksono, K. C. Widiastuti, M. S. Mubarak, F. A. Ma’ruf, et al. Implementation of mutual information and bayes theorem for classification microarray data. In *Journal of Physics: Conference Series*, volume 971, page 012011. IOP Publishing, 2018.

- [31] R. M. Putra, D. Q. Utama, et al. Snake bite classification using chain code and k nearest neighbour. In *Journal of Physics: Conference Series*, volume 1192, page 012015. IOP Publishing, 2019.
- [32] Y. Sasaki et al. The truth of the f-measure. *Teach Tutor mater*, 1(5):1–5, 2007.
- [33] H. Zhang. The optimality of naive bayes. *AA*, 1(2):3, 2004.

## PERBANDINGAN PEMBOBOTAN UNTUK KLASIFIKASI TOPIK BERITA MENGGUNAKAN *DECISION TREE*

Henri Tanyoko<sup>1</sup>, Adiwijaya<sup>2</sup>, dan Untari Nova Wisesty<sup>3</sup>

<sup>1</sup>henritanyoko@students.telkomuniversity.ac.id

<sup>2</sup>adiwijaya@telkomuniversity.ac.id

<sup>3</sup>untarinw@telkomuniversity.ac.id

### **ABSTRACT**

*News is a media to add insight into the outside world, many events that can not be known directly, because it is news that can make it easier to find out more extensive information about the increase. News dissemination consists of online for internet and offline for print media. In the present era, the development of the internet is very fast, making it easier to access information, media delivery of news becomes varied with the internet. Many news available online cause problems because news published by publishers can make mistakes in categorizing news content into the right category. Need technical contributions to categorize news automatically. Categorization of the method used. In this study, the authors used the Decision Tree classification method. A process that is no less important before classification is the word weighting technique. To get optimal accuracy, the authors combine classification techniques using Decision Tree with word weighting techniques TF.ABS, TF.CHI2, TF.RF and TF.IDF. Receive TF.ABS which has the*

**Keywords:** *Decision Tree, Term weighting, TF.ABS, TF.CHI2, TF.RF, TF.IDF*

### **ABSTRAK**

*Berita merupakan suatu media untuk menambah wawasan terhadap dunia luar, banyak kejadian yang tidak bisa diketahui secara langsung, oleh karena itu adanya berita dapat memudahkan untuk mengetahui informasi yang lebih luas cakupannya. Penyebaran berita terdiri dari online untuk internet dan offline untuk media cetak. Di zaman sekarang perkembangan internet sangat pesat sehingga memudahkan dalam hal mengakses informasi, media penyampaian berita menjadi variatif dengan adanya internet. Banyak berita yang tersedia secara online sehingga menimbulkan masalah karena berita yang diterbitkan oleh penerbit dapat membuat kesalahan dalam mengkategorikan isi berita kedalam kategori yang tepat. Perlu adanya teknik klasifikasi untuk mengkategorikan berita secara otomatis. Tantangan menggunakan teknik klasifikasi terletak pada akurasi kebenaran pengkategorian dari metode yang digunakan. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode klasifikasi Decision Tree. Proses yang tidak kalah pentingnya sebelum klasifikasi adalah teknik pembobotan kata. Untuk mendapatkan akurasi yang optimal, penulis mengkombinasikan teknik klasifikasi menggunakan Decision Tree dengan teknik pembobotan kata TF.ABS, TF.CHI2, TF.RF dan TF.IDF. Hasilnya TF.ABS memiliki akurasi yang paling tinggi yaitu 82,22% jika Tree tidak dibatasi parameter ketinggiannya.*

**Kata kunci:** *Decision Tree, Pembobotan kata, TF.ABS, TF.CHI2, TF.RF, TF.IDF*

## 1. PENDAHULUAN

Berita adalah informasi yang dibuat untuk melaporkan kejadian atau peristiwa yang terjadi agar semua orang tahu kondisi selain di sekitarnya [1]. Perkembangan jaman sudah sangat maju, media penyampaian berita tidak hanya media cetak saja tetapi juga ada televisi, radio dan juga internet. Walaupun banyak media penyampaian berita tetapi media cetak tetap ada sampai saat ini karena jika dibandingkan dengan Internet, media cetak jauh lebih terbukti kebenarannya karena sumber beritanya jelas tidak seperti berita di Internet yang semua orang bisa menerbitkan berita kapan pun. Kelemahan media cetak ada di segi lingkungan. Media cetak tidak ramah lingkungan karena memakai kertas yang merupakan hasil pengolahan kayu untuk mencetak berita. Jika dibandingkan dengan media elektronik seperti radio dan televisi mempunyai keunggulan dapat memvisualisasikan berita sehingga penikmat berita lebih memahami isi berita daripada media cetak yang hanya berupa tulisan tapi kekurangannya adalah penayangan beritanya hanya sekali tidak bisa diulang.

Perkembangan internet di Indonesia sangat pesat, berdasarkan survei yang dilakukan oleh Asosiasi Penyedia Jasa Internet Indonesia (APJII) pengguna internet di Indonesia terus meningkat dari tahun 1998 sampai 2017. Di tahun 2017 menurut internetworldstat pengguna internet Indonesia mencapai 143,26 juta pengguna, meningkat 7% dari tahun 2016 yang penggunanya terdapat 132,7 juta pengguna. Indonesia merupakan negara dengan pengguna internet terbesar kelima di dunia setelah China, India, United States, Brazil, oleh karena itu media penyampaian berita melalui internet berpotensi besar menguasai pasar. Banyak berita yang diterbitkan dari internet karena target pembacanya lebih tinggi daripada melalui media cetak. Penerbit berlomba lomba untuk menghasilkan berita yang terbaru, hal tersebut dapat menimbulkan masalah dalam mengkategorikan berita. Contohnya saya ingin membaca berita tentang olahraga, tetapi yang muncul pada kategori olahraga ternyata berita politik. Untuk mengurangi kesalahan pengkategorian perlu adanya teknik klasifikasi yang dapat mengkategorikan berita secara otomatis.

Klasifikasi merupakan bagian terpenting dalam data mining. Klasifikasi merupakan cara teknik untuk mempelajari kumpulan data yang banyak sehingga menghasilkan aturan untuk mengenali data baru yang belum pernah dipelajari [2]. Keluaran dari teknik klasifikasi adalah hasil akurasi yang menunjukkan seberapa benar teknik klasifikasi yang diterapkan dalam memprediksi. Semakin tinggi akurasi maka semakin bagus karena banyak data yang diklasifikasikan benar. Salah satu cara untuk meningkatkan akurasi yaitu dengan cara teknik pembobotan setiap kata. Pembobotan kata merupakan masalah dasar dalam klasifikasi teks dan langsung

berdampak terhadap klasifikasi akurasi, Pembobotan yang paling populer dan menjadi teknik yang banyak digunakan dalam memberi bobot setiap kata saat ini adalah TF.IDF (Term Frequency Inverse Document Frequency), tapi sekarang teknik pembobotan TF.IDF kurang efektif untuk memberikan bobot sehingga muncul penelitian lain untuk menemukan teknik pembobotan yang efektif dikombinasikan dengan teknik klasifikasi sehingga akan menghasilkan akurasi yang optimal [3].

Teknik klasifikasi memiliki beberapa macam metode klasifikasi. Dalam penelitian lainnya dengan studi kasus teks Arab menggunakan *Decision tree* diperoleh akurasi 93% untuk *scientific corpus* [9]. Sedangkan klasifikasi teks berita Indonesia bisa menggunakan beberapa macam metode untuk memprediksi hasil dari kategori yang akan diprediksi. Menurut Rini Wongso dkk dari perbandingan berbagai macam metode klasifikasi seperti *Multinomial Naïve Bayes*, *Multivariate Bernoulli Naïve Bayes*, dan *Support Vector Machine* dikombinasikan dengan algoritma pembobotan TF.IDF dan SVD diperoleh *Multinomial Naive Bayes* dengan pembobotan TF.IDF yang menghasilkan akurasi yang tinggi sebesar 85% [10]. Penelitian lainnya dilakukan Reynaldi Ananda Pane dkk terhadap topik Quran dengan versi Bahasa Inggris menggunakan klasifikasi *Multinomial Naive Bayes* yang dikombinasikan dengan teknik pembobotan *bag of words* yang hanya memperhatikan setiap kata yang muncul dalam dokumen, hasilnya *hamming loss* 0.1247 atau akurasi sebesar 0.8753% [11].

Berdasarkan penelitian sebelumnya dengan membandingkan pembobotan *Term Frequency Absolute* (TF.ABS) dengan *Term Frequency Chi Square* (TF.CHI2) menghasilkan akurasi yang tidak jauh berbeda yaitu 95,74% untuk TF.ABS dan akurasi sebesar 95,87% untuk TF.CHI2 [4]. Penelitian lain ada yang membandingkan antara TF.CHI2, *Term Frequency Inverse Document Frequency* (TF.IDF) dan *Term Frequency Relevance Frequency* (TF.RF) diperoleh hasil TF.CHI2 menghasilkan akurasi 89,71%, TF.RF dengan akurasi 88,07% dan TF.IDF hanya mendapat akurasi sebesar 74,93% [5]. Penelitian dari Rifqi Abdul Aziz dkk mengklasifikasikan topik pada lirik lagu menggunakan *Multinomial Naive Bayes* dengan seleksi fitur *chi-square* dan dengan pembobotan *bag of words* memperoleh akurasi 96% [6]. Penelitian yang dilakukan oleh Matsunaga dan Ebecken yang fokusnya untuk menemukan teknik pembobotan mana yang akan menghasilkan akurasi yang optimal. Hasilnya TF.ABS (*Term Frequency Absolute*) memiliki akurasi 72% yang lebih tinggi daripada TF.IDF, TF.IG, TF.GR, TF.BNS, TF.OR [7]. Dibalik kepopuleran pembobotan TF.IDF ternyata ada yang lebih bagus lagi dari pembobotan TF.IDF yaitu TF.ABS dan TF.CHI, menurut penelitian yang dilakukan Man Lan dkk TF.RF (*Term Frequency Relevance Frequency*) lebih baik daripada TF.IDF dengan

akurasi sebesar 78%. TF.IDF merupakan metode yang *supervised* dimana pembobotannya dilakukan melalui pengawasan oleh sebab itu TF.IDF lebih terfokus ke data latih sedangkan TF.RF merupakan *unsupervised*, tidak ada pengawasan terhadap data yang diproses oleh karena itu lebih *powerfull* untuk data uji dan tidak mengalami *over fitting*, TF.RF lebih baik daripada TF.IDF [8].

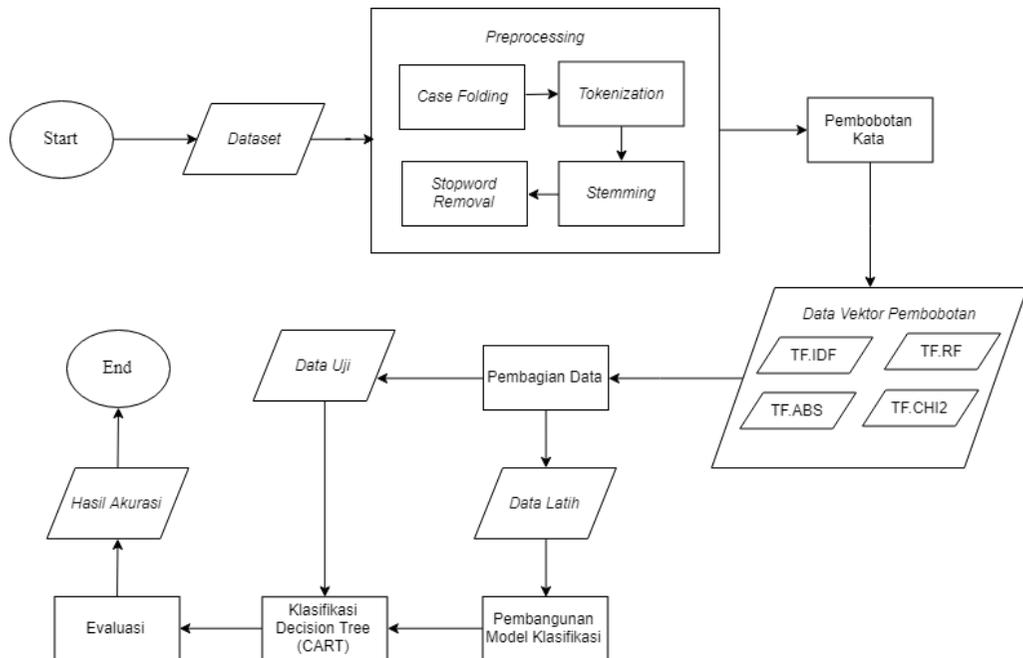
Dari penelitian sebelumnya, penulis mengambil parameter TF.ABS, TF.CHI2, TF.RF, TF.IDF untuk mengetahui akurasi mana yang akan menghasilkan akurasi yang optimal jika dikombinasikan dengan teknik klasifikasi *Decision Tree*. Topik yang diangkat dalam penelitian ini adalah membandingkan beberapa teknik pembobotan dengan mengkombinasikan teknik klasifikasi *Decision Tree* untuk mengklasifikasikan teks berita berdasarkan kategorinya. Berdasarkan topik di atas, terdapat beberapa batasan masalah yaitu:

1. Kategori berita terdiri dari 12 kelas yaitu Ekonomi, Hiburan, Hukum, Kesehatan, Gaya Hidup, Otomotif, Pendidikan, Politik, Sosial Budaya, Olahraga, Teknologi Wisata.
2. Jumlah dokumen *dataset* sebanyak 360 dokumen.
3. Fitur menggunakan *unigram*.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui teknik pembobotan apa yang menghasilkan akurasi optimal menggunakan klasifikasi *Decision Tree*.

## 2. DASAR TEORI/MATERIAL DAN METODOLOGI/PERANCANGAN

Proses untuk memprediksi berita yang belum diketahui kategorinya mulai dari pengambilan data, *preprocessing*, proses, dan evaluasi terhadap hasil. Diagram alur sistem dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 6. Gambaran Umum Sistem

## 2.1 Dataset

*Dataset* yang diperoleh untuk penelitian penulis adalah artikel berita bahasa Indonesia yang terdiri dari 12 kategori berita seperti politik, budaya, kesehatan, pendidikan, dan lain-lain yang terdiri 360 dokumen. Data ini diambil dari beberapa portal berita seperti *website* kompas.com, tribunnews.com, republika.com, sindonews.com, mediaindonesia.com dari Agustus 2016 – Februari 2017. *Dataset* ini digunakan untuk membangun sistem klasifikasi berita menggunakan *Decision Tree* dengan mengkombinasikan pembobotan menggunakan empat parameter yaitu TF.CHI, TF.IDF, TF.RF dan TF.ABS berdasarkan kategori berita. Tabel kumpulan data set yang diambil untuk diteliti dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 3.** Pembagian Dataset

No	Kategori Berita	Jumlah Dokumen	No	Kategori Berita	Jumlah Dokumen
1	Ekonomi	30	7	Otomotif	30
2	Gaya Hidup	30	8	Pendidikan	30
3	Kesehatan	30	9	Politik	30
4	Hiburan	30	10	Budaya	30
5	Hukum	30	11	Teknologi	30
6	Olahraga	30	12	Wisata	30

Data set tersebut diolah sudah diambil dan disimpan dalam bentuk file berekstensi *.txt* sebanyak 360 file dengan 12 kategori.

## 2.2 Preprocessing

*Preprocessing* adalah tahap untuk mempersiapkan data sehingga siap untuk diolah, proses ini dilakukan setelah melakukan *load dataset* dengan tujuan untuk mengurangi kata-kata yang dianggap tidak penting dan simbol-simbol yang tidak memiliki makna sehingga saat proses klasifikasi, metode yang digunakan dapat memprediksi teks kedalam kategori yang tepat. *Preprocessing* terdiri dari *case folding* sebagai langkah awal untuk mengubah kata menjadi huruf kecil semua dan menghilangkan huruf selain a sampai huruf z, tahap yang kedua yaitu *tokenization* untuk memotong kalimat pada suatu dokumen menjadi levelnya per kata yang akan digunakan sebagai fitur untuk perhitungan pada saat proses klasifikasi, tahap ketiga adalah *stemming*. Tahap ini bertugas untuk menjadikan suatu kata sebagai kata dasar, dan tahap terakhir adalah *stopword removal* yang berfungsi untuk menghilangkan kata-kata yang tidak penting seperti kata sandang dan kata hubung [12][13], *stopword* yang digunakan adalah *stopword* bahasa Indonesia yang disusun oleh Tala [14]. Adapun contoh tahapan *preprocessing* yang terdiri dari *input* dan *output* yang dapat dilihat pada tabel 2 agar memudahkan dalam pemahaman.

**Tabel 4.** *Input dan Output Preprocessing*

Preprocessing	Input	Output
Case Folding	Menpora Imam Nahrawi memberikan penghargaan kepada Timnas Indonesia yang telah berjuang di final Sea Games tahun ini	menpora imam nahrawi memberikan penghargaan kepada timnas indonesia yang telah berjuang di final sea games tahun ini
Tokenization	menpora imam nahrawi memberikan penghargaan kepada timnas indonesia yang telah berjuang di final sea games tahun ini	menpora, imam, nahrawi, memberikan, penghargaan, kepada, timnas, indonesia, yang, telah, berjuang, di, final, sea, games, tahun, ini
Stemming	menpora, imam, nahrawi, memberikan, penghargaan, kepada, timnas, Indonesia, yang, telah, berjuang, di, final, sea, games, tahun, ini	menpora, imam, nahrawi, beri, harga, kepada, timnas, indonesia, yang, telah, juang, di, final, sea, games, tahun, ini
Stopword Removal	menpora, imam, nahrawi, beri, harga, kepada, timnas, indonesia, yang, telah, juang, di, final, sea, games, tahun, ini	menpora, imam, nahrawi, beri, harga, timnas, indonesia, juang, final, sea, games, tahun

## 2.3 Pembobotan

Pembobotan kata adalah teknik untuk memberikan nilai yang bertujuan untuk mengetahui seberapa penting makna suatu kata yang merujuk ke kategori berita yang sudah ditentukan, teknik klasifikasi akan meningkat jika dikombinasikan dengan pembobotan yang tepat. Untuk mengetahui teknik pembobotan yang paling baik adalah dengan membandingkan antara pembobotan TF.IDF, TF.RF, TF.CHI<sup>2</sup>, dan TF.ABS. Berikut adalah cara menghitung pembobotan untuk keempat teknik pembobotan untuk mempermudah perhitungan pembobotan, berikut adalah tabel distribusi untuk  $term\ t_j$  dan  $c_i$ .

**Tabel 5.** *Contingency tabel untuk category dan term*

	$c_i$	$c_{\sim i}$	Total
$t_j$	$n_{ij}$	$n_{\sim ij}$	$n_j$
$t_{\sim j}$	$n_{i\sim j}$	$n_{\sim i\sim j}$	$n_{\sim j}$
Total	$n_i$	$n_{\sim i}$	$n$

Keterangan variabel:

$n_{ij}$  : Jumlah dokumen dalam kategori  $c_j$  yang mengandung term  $t_j$

$n_{\sim ij}$  : Jumlah dokumen tidak dalam kategori  $c_i$  yang mengandung term  $t_j$

$n_{i\sim j}$  : Jumlah dokumen dalam kategori  $c_i$  yang tidak mengandung term  $t_j$

$n_{\sim i\sim j}$  : Jumlah dokumen tidak dalam kategori  $c_i$  yang tidak mengandung term  $t_j$

$n_j$  : Jumlah dokumen dengan term  $t_j$

- $n_{\sim j}$  : Jumlah dokumen dengan term selain  $t_{\sim j}$   
 $n_i$  : Jumlah dokumen dengan kategori  $c_j$   
 $n_{\sim i}$  : Jumlah dokumen tanpa kategori  $c_j$   
 $n$  : Total atau jumlah dari dokumen  
 $t_j$  : Merupakan term  $t_j$   
 $c_i$  : Merupakan kategori  $c_j$   
 $t_{\sim j}$  : Merupakan term selain term  $t_j$   
 $c_{\sim j}$  : Merupakan kategori selain  $c_j$ .

## 2.4 Term Frequency (TF)

TF adalah salah satu metode pembobotan term yang paling sederhana TF disebut juga dengan *bag of words* karena. Pada metode ini, setiap term diasumsikan memiliki proporsi kepentingan sesuai dengan jumlah terjadinya (munculnya) *term* tersebut dalam dokumen. Dengan metode ini, nilai kontribusi (bobot) suatu *term* pada suatu dokumen adalah sama dengan jumlah munculnya *term* tersebut pada dokumen, pemberian bobot menggunakan metode ini tidak efektif jika mempertimbangkan kata yang banyak muncul yang memiliki bobot paling besar. Rumus TF dapat dilihat pada persamaan 1.

$$W(d, t) = TF(d, t) \quad (1)$$

Dimana  $TF(d, t)$  adalah frekuensi kemunculan *term*  $t$  pada dokumen  $d$ .

## 2.5 Inverse Document Frequency (IDF)

Pada metode ini, term yang dianggap bernilai adalah term yang jarang muncul pada koleksi/kumpulan dokumen. Selain itu, tingkat kepentingan nilai (bobot) dari suatu term juga diasumsikan berbanding terbalik dengan jumlah dokumen yang mengandung term tersebut. Oleh karena itu, bila suatu term banyak muncul di kumpulan dokumen, maka term tersebut akan dianggap tidak bernilai/berharga. Rumus IDF dapat dilihat pada persamaan 2.

$$IDF(t) = \log \frac{n}{df(t)} \quad (2)$$

Dimana  $df(t)$  adalah banyak dokumen yang mengandung term  $t$ .

## 2.6 Term Frequency – Inverse Document Frequency (TF.IDF)

TF.IDF adalah pembobotan yang menggunakan skema dengan cara menghitung jumlah term pada suatu dokumen dan jumlah dokumen yang mengandung kata tersebut. Rumus untuk menghitung bobot menggunakan TF.IDF bisa dilihat di persamaan 3.

$$TF.IDF = TF(d, t) * IDF(t) \quad (3)$$

## 2.7 Term Frequency - Relevance Frequency (TF.RF)

*Relevance frequency* merupakan metode yang muncul sebagai upaya perbaikan terhadap metode-metode yang sudah ada. Sebagai contoh, metode IDF hanya akan menilai term berdasarkan kemunculan (ada atau tidaknya saja) term pada suatu dokumen. Berbeda dengan metode RF yang diusulkan oleh Man Lan, metode ini mempertimbangkan relevansi dokumen dilihat dari frekuensi kemunculan term di kategori yang berkaitan.. Persamaan untuk menghitung RF dapat dilihat di persamaan 4.

$$RF(t_j, c_i) = \log \left( 2 + \frac{n_{ij}}{\max(1, n_{\sim ij})} \right) \quad (4)$$

Setelah menghitung RF untuk selanjutnya melakukan perhitungan TF.RF dengan cara melakukan perkalian matriks TF dengan RF sesuai persamaan 5.

$$TF.RF = TF(d, t) * RF(t_j, c_i) \quad (5)$$

## 2.8 Term Frequency-Chi-Square (TF.CHI<sup>2</sup>)

*Chi-Square* merupakan teknik menghitung jumlah term yang muncul pada setiap dokumen TF dan mempertimbangkan bobot untuk term yang tidak muncul didalam dokumen dan term yang muncul didalam dokumen. Sama seperti teknik pembobotan lainnya, hasil pembobotan TF.CHI<sup>2</sup> digunakan untuk membandingkan dengan teknik pembobotan lainnya. Setelah diketahui nilai pembobotan *Chi-Square* langkah selanjutnya akan dikombinasikan dengan metode klasifikasi untuk mendapatkan hasil yang maksimal dengan akurasi yang tinggi. Persamaan rumus menghitung *Chi-Square* dapat dilihat di persamaan 6.

$$CHI^2(t_j, c_i) = \frac{n(n_{ijn_{\sim i} \sim j} - n_{\sim ij}n_{i \sim j})}{(n_i n_j n_{\sim i} n_{\sim j})} \quad (6)$$

Setelah menghitung  $CHI^2$  untuk selanjutnya melakukan perhitungan TF.  $CHI^2$  dengan cara melakukan perkalian matriks TF dengan  $CHI^2$  sesuai persamaan 7.

$$TF.CHI^2 = TF(d, t) * CHI^2(t_j, c_i) \quad (7)$$

## 2.9 Term Frequency Absolute (TF.ABS)

Pembobotan TF.ABS menggunakan teknik menghitung jumlah term yang muncul pada setiap dokumen dan mengukur kemungkinan suatu term yang ada dalam dokumen dengan kategori dibagi dengan kemungkinan term yang tidak ada dalam dokumen dengan kategori tersebut. Perhitungan ABS dilihat pada persamaan 8.

$$ABS(t_j, c_i) = \left| \ln \left( \frac{(n_{ij}+0.5)(n_{\sim i \sim j}+0.5)}{(n_{\sim ij}+0.5)(n_{i \sim j}+0.5)} \right) \right| \quad (8)$$

Setelah menghitung ABS untuk selanjutnya melakukan perhitungan TF. ABS dengan cara melakukan perkalian matriks TF dengan ABS sesuai persamaan 9.

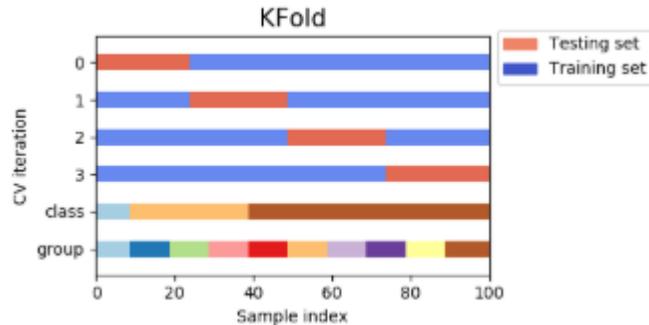
$$TF.ABS = TF(d, t) * ABS(t_j, c_i) \quad (9)$$

## 2.10 K-fold Cross Validation

Pada tahap ini penulis membagi *dataset* menjadi data latih dan data uji berdasarkan *k-fold cross validation* berdasarkan nilai k sebesar 10. Artinya *dataset* akan dibagi menjadi 10 partisi secara acak. Data yang sudah menjadi *testing* pada k sebelumnya tidak bisa menjadi *testing* lagi [2], Visualisasi dapat dilihat pada gambar 2.

## 2.11 Klasifikasi *Decision Tree*

Pada tahap klasifikasi *decision tree*, menggunakan *library python decision tree*



**Gambar 2.** Visualisasi *k-fold cross validation*.

dari *sklearn* yang menggunakan metode Classification and Regression Tree (CART) dan mendukung inputan berupa numerik maupun kategorik. Langkah pertama adalah menentukan fitur mana yang akan menjadi *root* dengan cara membagi data setiap fitur menjadi dua berdasarkan nilai tengah (median). Contoh kata “belajar” muncul sebanyak 6 kali pada dokumen pertama, 5 kali pada dokumen kedua, dan 3 kali pada dokumen ketiga. Maka dari itu nilai 3 digunakan untuk memisahkan data pada fitur tersebut yaitu  $\leq 3$  dan  $> 3$ . Setelah itu hitung nilai *Gini Split Index* pada bagian kiri dan kanan pemisah yang dapat dilihat persamaan 10.

$$IGini(t_{ji}) = 1 - \sum_{i=1}^n p_{ji}^2 \quad (10)$$

Dimana  $t_{ji}$  adalah banyaknya term  $t_j$  yang berada pada kelas ke  $i$  pada pemisah tertentu,  $p$  adalah probabilitas banyaknya term  $t_j$  berdasarkan kelas ke  $i$ . Jadi masing-masing fitur memiliki nilai dua gini, yang pertama gini sebelah kanan pemisah dan yang kedua adalah sebelah kiri dari pemisah. Kemudian jumlah masing-masing gini dengan menambahkan bobot seperti persamaan 11.

$$Gini(Target, t_{ji}) = \sum_{r=1}^n Target_r \cdot Gini(t_{ji}) \quad (11)$$

Dimana Target adalah peluang pemisah batas kiri dan kanan. Hasilnya akan diperoleh *Gini* untuk setiap fitur. Pemilihan fitur yang digunakan untuk menjadi simpul adalah *Gini* dengan nilai yang rendah karena mengandung *impurity* yang

rendah. *Impurity* rendah artinya keberagamannya rendah sehingga lebih cepat menjadikannya daun yang artinya mengandung satu kelas atau kategori.

## 2.12 Pengukuran Akurasi

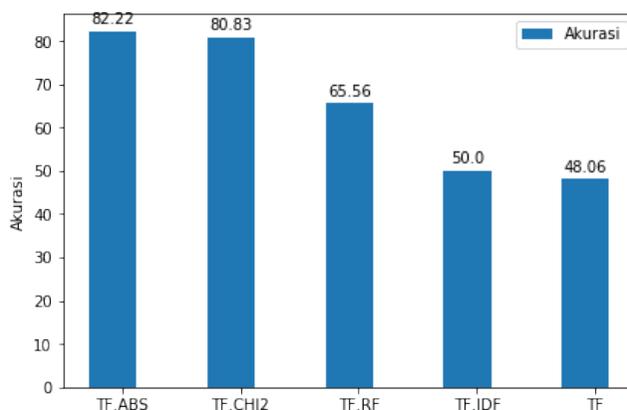
Akurasi merupakan keluaran dari hasil klasifikasi. Metode klasifikasi dikatakan baik jika memiliki akurasi yang tinggi karena banyaknya dokumen yang diprediksi benar ada banyak [15]. Banyak penelitian-penelitian yang berusaha meningkatkan akurasi dengan memilih metode-metode yang tepat digunakan oleh *dataset* acuan. Cara menghitung akurasi dapat dilihat pada persamaan 12.

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Banyaknya dokumen yang diprediksi benar}}{\text{Total Dokumen}} \quad (12)$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengujian dan Analisis Skenario Pertama

Skenario pengujian ini bertujuan untuk mengetahui teknik pembobotan yang paling baik diantara TF.ABS, TF.CHI2, TF.RF, TF.IDF dan TF. Penelitian ini menggunakan metode *unigram* dengan menggunakan teknik klasifikasi *Decision Tree*. Hasil pengujian skenario dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil perbandingan pembobotan dengan klasifikasi *decision tree*

Berdasarkan pengujian pada skenario pertama diperoleh hasil bahwa TF.ABS menghasilkan akurasi yang paling tinggi sebesar 82,22% berselisih sedikit jika dibandingkan dengan TF.CHI<sup>2</sup> yang akurasinya 80.83, karena jika dilihat dari kedua rumusnya sama-sama mempertimbangkan kemunculan kata yang muncul maupun

tidak muncul pada kategori tersebut dan selain kategori tersebut, sehingga bobot yang dihasilkan oleh kedua teknik ini lebih sesuai, contohnya ketika kata “belajar” sering muncul pada dokumen 1 yang kategorinya A, kalau tidak mempertimbangkan aspek kemunculan kata yang muncul maupun tidak muncul pada kategori  $c_i$  dan mempertimbangkan kemunculan kata maupun tidak pada kategori selain kategori  $c_i$  maka bobot belajar pada kategori A akan bernilai tinggi padahal kata belajar belum tentu bobotnya tinggi di dokumen lainnya.

TF.RF, TF.IDF, dan TF akurasi dibawah TF.ABS dan TF.CHI<sup>2</sup> karena teknik-teknik tersebut tidak mempertimbangkan kemunculan kata selain kata  $t_j$  dan kemunculan kata selain di kategori  $c_i$  di dokumen, TF.RF dan TF.IDF hanya fokus pada kemunculan kata tertentu saja tanpa mempertimbangkan ketidakmunculan kata tersebut, TF.RF mempertimbangkan kemunculan kata berdasarkan kategori tertentu tidak seperti TF.IDF yang tanpa melihat dokumen tersebut kategorinya apa sehingga nilai akurasi untuk TF.RF jauh lebih tinggi yaitu 65,56% daripada TF.IDF yang hanya sebesar 50%.

TF artinya perhitungan klasifikasi hanya bergantung pada banyaknya kata yang muncul pada setiap dokumen saja tanpa dimodifikasi, jadi jika pada dokumen 2 mengandung kata ”makan” sebanyak 20 kali maka kata tersebut memiliki nilai bobot yang besar pada kategori B, teknik ini akan membuat akurasi yang rendah karena belum tentu kata makan merupakan kategori B karena bisa saja kata “makan” banyak muncul di banyak dokumen juga. Akurasi dari TF ini paling rendah dari parameter yang diteliti yaitu 48,06% .

Semakin tinggi akurasi dari percobaan semakin sedikit *missclassification* yang dihasilkan. *Missclassification* pada *dataset* yang diperoleh terjadi karena dua faktor, yang pertama adanya keambiguan isi berita yang hampir sama dengan kategori berita yang berbeda contohnya sering terjadinya *missclassification* kategori berita hiburan dengan wisata, politik dengan hukum, budaya dengan wisata, faktor kedua mempunyai kesinambungan dengan faktor pertama yaitu dalam pembuatan pohon keputusan. Pemilihan fitur yang akan dijadikan simpul pohon sangat mempengaruhi kualitas pohon untuk membuat keputusan akhir berupa daun yang merupakan kategori berita.

### 3.2 Hasil Pengujian dan Analisis Skenario Kedua

Pada *Decision Tree*, pengklasifikasian dilakukan dengan cara membangun pohon keputusan, terdapat *Root* sebagai simpul awal, cabang pohon, dan daun. Ketiga komponen tersebut dibangun berdasarkan aturan dari algoritma CART *Decision Tree*. Semakin tinggi pohonnya semakin kompleks keputusan yang dibuat Skenario

kedua bertujuan untuk mengetahui pengaruh tinggi pohon terhadap akurasi masing-masing teknik pembobotan. Dapat dilihat pada tabel 4 dan 5.

Tabel 4 .Perbandingan teknik pembobotan setelah dibatasi ketinggiannya sebesar 20%

No	Pembobotan	Ketinggian Pohon	Resize Ketinggian (%)	Batas Ketinggian Pohon	Akurasi tanpa Batasan ketinggian(%)	Akurasi dengan batasan (%)
1	TF.ABS	22	20	18	82.22	77.5
2	TF.CHI2	19	20	15	80.83	80.55
3	TF.RF	31	20	25	65.56	65.28
4	TF.IDF	38	20	33	50.00	52.5
5	TF	34	20	27	48.06	49.72

Tabel 5. Perbandingan pembobotan setelah dibatasi ketinggiannya sebesar 40%

No	Pembobotan	Ketinggian Pohon	Resize Ketinggian (%)	Batas Ketinggian Pohon	Akurasi tanpa Batasan ketinggian(%)	Akurasi dengan batasan (%)
1	TF.ABS	22	40	13	82.22	69.45
2	TF.CHI <sup>2</sup>	19	40	11	80.83	77.78
3	TF.RF	31	40	19	65.56	58.61
4	TF.IDF	38	40	25	50.00	50.56
5	TF	34	40	20	48.06	48.89

Dilihat dari hasilnya menunjukkan bahwa akurasi setelah adanya pembatasan ketinggian pohon membuat TF.ABS, TF.CHI2, dan TF.RF menjadi turun akurasinya karena ketinggian pohon relatif lebih kecil daripada TF.IDF dan TF, jika ketinggian pohon pendek maka kemampuan untuk membuat simpul menjadi daun akan lebih cepat dibandingkan ketinggian pohon yang tinggi dan jika ketinggian pohon yang pendek dibatasi pertumbuhannya maka akan ada informasi yang gagal di dapatkan untuk memprediksi. Lain halnya dengan ketinggian pohon yang tinggi. Semakin tinggi semakin banyak simpul yang terbentuk maka semakin banyak pohon keputusan memproses simpul menjadi daun untuk menjadikan kelas yang murni. Untuk pembatasan ketinggian pohon dilakukan dengan cara memangkas pohon yang awalnya tanpa batasan kemudian dipangkas sesuai skenario yaitu 20% dan 40%. Pemangkas 20% dan 40% membuat TF.CHI2 memiliki akurasi tertinggi yaitu 80,55% dan 77,78% dan TF yang terendah dengan 49,72% dan 45,89%. Sesuai dengan persamaan dari CHI2, nilai dari masing-masing parameter diperhitungkan

yaitu muncul dan ketidakmunculan suatu kata pada suatu kategori dan selain kategori tersebut sehingga diperoleh nilai bobot yang tepat, saat terjadi pemangkasan pohon tidak akan terlalu berpengaruh karena pembobotan yang dihasilkan merepresentasikan sesuai kategori yang tepat, berbeda dengan teknik pembobotan yang lainnya yang kurang memperhatikan parameter yang seharusnya diperhitungkan. Dengan adanya pembatasan ketinggian pohon maka pohon yang sudah jadi akan dipangkas sesuai ketinggian yang diinginkan, simpul dipaksa menjadi daun dan jumlah kategori yang paling banyak dijadikan kelas pada daun tersebut. Pembatasan ketinggian yang efektif akan meningkatkan akurasi teknik pembobotan jika ketinggian pohon terlalu tinggi. Contohnya pada teknik pembobotan TF.IDF dan TF yang menghasilkan ketinggian pohon yang tinggi membuat akurasi naik jika dibandingkan tanpa membatasi ketinggian pohon karena akan memangkas pohon yang informasinya sebenarnya sudah didapatkan pada ketinggian pohon sebelumnya.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pengujian beberapa skenario dalam penelitian ini membandingkan pembobotan mana yang menghasilkan akurasi yang tinggi jika dikombinasikan dengan teknik klasifikasi *Decision Tree* hasilnya jika tidak menggunakan teknik pembobotan hanya mendapatkan akurasi sebesar 48,06% jauh berbeda signifikan dengan TF.ABS yang merupakan teknik pembobotan terbesar dari parameter yang diambil, nilai akurasinya sebesar 82,22% . TF.ABS juga mengalahkan teknik pembobotan yang paling populer yaitu TF.IDF yang hanya sebesar 50% akurasinya.

*Decision Tree* merupakan klasifikasi dengan membuat suatu pohon keputusan, semakin tinggi pohon tersebut semakin banyak simpul yang dihasilkan, untuk ketinggian pohon yang dibatasi sebanyak 20% dan 40% dari ketinggian yang dibentuk pohon untuk setiap pembobotan. Dan menempatkan TF.CHI2 sebagai pembobotan dengan akurasi terbaik dengan nilai akurasi 80,55% untuk pembatasan 20% dan 77,78% untuk pembatasan 40%. Untuk pembobotan TF.IDF dan TF mengalami kenaikan akurasi jika ketinggian dibatasi 20% maupun 40% karena ketinggian pohon TF.IDF dan TF jauh lebih tinggi dari ketiga parameter lainnya, artinya jika ketinggian dari pohon itu dikategorikan tinggi maka perlu diterapkan pembatasan ketinggian agar teknik klasifikasi ini tidak terlalu banyak memproses terlalu banyak dan membuat banyak simpul yang sebenarnya pada ketinggian yang tepat dapat dibatasi sehingga simpul terakhir dapat merepresentasikan simpul yang hilang karena pembatasan.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah mencoba membandingkan juga seleksi fitur untuk klasifikasi karena dari fitur yang banyak tentunya ada fitur-fitur

yang dianggap tidak penting dan hanya membuat akurasi menjadi rendah karena pembagi fiturnya tinggi. Bandingkan seleksi fitur mana yang cocok untuk klasifikasi *Decision Tree* agar pemrosesan jauh lebih cepat dan akurasi yang dihasilkan bisa tinggi dan juga membuat mengkategorikan dengan *multilable* untuk mengurangi keambiguan isi berita yang memiliki kategori yang karakteristiknya hampir sama.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam pengerjaan jurnal ini penulis mendapatkan begitu banyak bantuan. Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Telkom University yang senantiasa memberikan dukungan untuk publikasi jurnal penulis.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. M. R. Prawira, Adiwijaya and M. S. Mubarak, "Klasifikasi Multi-Label Pada Topik Berita Berbahasa Indonesia Menggunakan Multinomial Naïve Bayes," vol. 5, no. 3, pp. 7774–7781, 2018.
- [2] A. F. Irene, and Adiwijaya "Klasifikasi Sentimen Review Film Menggunakan Algoritma Support Vector Machine Sentiment Classification of Movie Reviews Using Algorithm Support Vector Machine," vol. 4, no. 3, pp. 4740–4750, 2017.
- [3] K. Chen, Z. Zhang, J. Long, and H. Zhang, "Turning from TF-IDF to TF-IGM for term weighting in text classification," *Expert Syst. Appl.*, vol. 66, pp. 1339–1351, 2016.
- [4] M. A. Kurniawan, Y. Sibaroni, and K. L. Muslim, "Kategorisasi Berita Menggunakan Metode Pembobotan TF.ABS dan TF.CHI," *Indones. J. Comput.*, vol. 3, no. 2, p. 83, 2018.
- [5] P. N. Bandung, "ANALISIS AKURASI METODE TERM WEIGHTING INDONESIA DENGAN K-NEAREST NEIGHBOR."
- [6] R. Abdul Aziz and M. Syahrul Mubarak, "Klasifikasi Topik pada Lirik Lagu dengan Metode Multinomial Naïve Bayes," *Indosc 2016*, no. 1, pp. 139–148, 2016.
- [7] L. A. Matsunaga and N. F. F. Ebecken, "Term weighting approaches for text categorization improving," *Proc. - 8th Int. Conf. Intell. Syst. Des. Appl. ISDA 2008*, vol. 1, pp. 409–414, 2008.
- [8] Man Lan, Chew Lim Tan, Jian Su, and Yue Lu, "Supervised and Traditional Term Weighting Methods for Automatic Text Categorization," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 31, no. 4, pp. 721–735, 2009.
- [9] F. Harrag, E. El-Qawasmeh, and P. Pichappan, "Improving Arabic text

- categorization using decision trees,” *2009 1st Int. Conf. Networked Digit. Technol. NDT 2009*, no. August 2009, pp. 110–115, 2009.
- [10] R. Wongso, F. A. Luwinda, B. C. Trisnajaya, O. Rusli, and Rudy, “News Article Text Classification in Indonesian Language,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 116, pp. 137–143, 2017.
- [11] R. A. Pane, M. S. Mubarak, N. S. Huda, and Adiwijaya, “A multi-label classification on topics of Quranic verses in English translation using multinomial naive bayes,” *2018 6th Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICoICT 2018*, no. May, pp. 481–484, 2018.
- [12] G. I. Ulumudin, A. Adiwijaya, and M. S. Mubarak, “A multilabel classification on topics of qur’anic verses in English translation using K-Nearest Neighbor method with Weighted TF-IDF,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1192, no. 1, pp. 103–106, 2019.
- [13] I. R. Ponilan, Adiwijaya, M. A. Bijaksana, and A. S. Raharusun, “Search relevant retrieval on indonesian translation hadith document using query expansion and smoothing probabilistic model,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1192, no. 1, 2019.
- [14] F. Z. Tala, “A Study of Stemming Effects on Information Retrieval in Bahasa Indonesia,” *M.Sc. Thesis, Append. D*, vol. pp, pp. 39–46, 2003.

## PENANGANAN GANGGUAN LISTRIK RUMAH TANGGA MENGUNAKAN ALGORITMA *GREEDY* UNTUK PENENTUAN JARAK OPTIMAL

Ayu Fadhilah Prianty<sup>1</sup>, Riki Ruli A. Siregar<sup>2</sup>, Rakhmat Arianto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Departemen Informatika, Sekolah Tinggi Teknik PLN

Jl. Lingkar Luar Barat Duri Kosambi Cengkareng Jakarta Barat, Indonesia

E-mail: <sup>1</sup>[ayufadh99@gmail.com](mailto:ayufadh99@gmail.com), <sup>2</sup>[ruliriki@gmail.com](mailto:ruliriki@gmail.com), <sup>3</sup>

[ari87anto@gmail.com](mailto:ari87anto@gmail.com)

### ***Abstract***

*Electricity is a necessity that can be said has become the basic needs of society today. By exploiting technological developments, it is expected to facilitate PLN electricity customers in reporting electrical disturbances easily so that officers can provide response handling disorders quickly. One of the most commonly utilized technologies is Internet technology that can easily access website applications. Technical Service Post, PLN Area Cengkareng and Kalideres not utilize it well, for that need an application that can do the calculation of the optimal distance from report point to nearest duty using Greedy Algorithm. In the optimization problem, the Greedy Algorithm can produce an optimal solution. With the process, customers can easily find the nearest PLN officers, monitor the status of the report so that expected information can be immediately responded to disruption and handling*

**Keywords:** *Electrical Disturbance, Handling, Technical Service Officer, Greedy Algorithm.*

### ***Abstrak***

Listrik merupakan suatu kebutuhan yang dapat dikatakan telah menjadi kebutuhan pokok masyarakat saat ini. Dengan memanfaatkan perkembangan teknologi, diharapkan dapat memudahkan pelanggan listrik PLN dalam melakukan pelaporan gangguan listrik dengan mudah sehingga petugas dapat memberikan respon penanganan gangguan dengan cepat. Salah satu teknologi yang paling sering dimanfaatkan adalah teknologi internet yang dapat dengan mudah mengakses aplikasi website. Posko Pelayanan Teknik, PLN Area Cengkareng dan Kalideres belum memanfaatkan hal tersebut dengan baik, untuk itu perlu adanya aplikasi yang dapat melakukan perhitungan jarak optimal dari titik laporan ke petugas terdekat menggunakan Algoritma *Greedy*. Pada permasalahan optimasi, Algoritma *Greedy* dapat menghasilkan solusi optimal. Dengan adanya proses tersebut, pelanggan dapat dengan mudah mencari petugas PLN terdekat, memonitoring status laporan sehingga diharapkan informasi gangguan dapat segera direspon dan dilakukan penanganan.

**Kata kunci:** *Gangguan Listrik, Penanganan, Petugas Pelayanan Teknik, Algoritma Greedy.*

## 1. PENDAHULUAN

Perusahaan Listrik Negara (PLN) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang jasa energi listrik yang menyuplai energi listrik ke setiap pelanggan juga memanfaatkan teknologi informasi dalam bentuk sistem informasi untuk menunjang proses bisnis perusahaan [1]. Salah satu proses bisnis PT. PLN (Persero) yaitu, melakukan pelayanan dan perbaikan terhadap laporan gangguan listrik pelanggan melalui telepon *Call Center 123*, media sosial (*facebook* dan *twitter*), SMS, surat serta e-mail juga dapat digunakan pelanggan sebagai media untuk melakukan pelaporan gangguan, keluhan maupun informasi mengenai kelistrikan. Jumlah laporan gangguan listrik individu per periode bulan (Februari-April) cenderung meningkat [1]. Hal ini tidak sebanding dengan jumlah regu petugas pelayanan teknik yang ada di tiap Posko Unit PLN Area khususnya di Jakarta. Identifikasi alamat lokasi gangguan masih bersifat konvensional melalui telepon sehingga dapat menyebabkan kesalahan dalam pendataan laporan gangguan. Penentuan petugas secara langsung dan acak tanpa adanya perhitungan tetap merupakan salah satu faktor lambatnya respon terhadap gangguan listrik.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan sebuah algoritma pencarian lintasan terpendek yang dapat memecahkan masalah optimalisasi. Penelitian ini mengusulkan penggunaan salah satu Algoritma *Shortest Path* yaitu, Algoritma *Greedy* sebagai solusi permasalahan. Mengingat prinsip algoritma *Greedy* yang dapat memecahkan masalah langkah demi langkah dalam menemukan jarak perjalanan paling pendek. Metode *Greedy* tepat digunakan untuk diterapkan dalam penyelesaian masalah optimasi, salah satunya adalah untuk menentukan jarak optimal. Maka, diperlukan aplikasi penentuan jarak optimal penanganan gangguan listrik yang dapat memberikan keputusan bagi petugas dalam menangani gangguan secara *real time* dan kontinu atas lokasi pelaporan pelanggan yang paling dekat dengan lokasi petugas.

## 2. GANGGUAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Jenis gangguan utama dalam saluran distribusi tenaga listrik adalah gangguan hubungan singkat. Gangguan hubung singkat ini terjadi sebagai akibat dari tembusnya bahan isolasi, kesalahan teknis, polusi debu dan pengaruh alam disekitar saluran distribusi tenaga listrik, sehingga ada arus yang mengalir dari fasa ke tanah atau antar fasa. Jaringan distribusi berfungsi untuk

menyalurkan tenaga listrik ke pelanggan. Untuk keandalan pelayanan penyaluran tenaga listrik ke pelanggan maka jaringan distribusi perlu dilengkapi dengan alat pengaman.

Bila ditinjau dari segi lamanya waktu gangguan, maka gangguan pada saluran distribusi tenaga listrik dapat dibedakan mejadi dua, yaitu:

1. Gangguan Sementara (Temporer)

Gangguan sementara ditandai dengan normalnya kerja sistem setelah pengaman dimasukkan (menutup) kembali. Penyebab gangguan akan hilang dengan sendirinya setelah pengaman jatuh/*trip*. Gangguan temporer yang terjadi berulang-ulang dapat menyebabkan timbulnya kerusakan pada peralatan sistem tenaga listrik, hal ini dapat pula menimbulkan gangguan yang bersifat permanen sebagai akibat adanya kerusakan peralatan tersebut. *Flashover* karena sambaran petir, *flashover* dengan pohon dan tertiuip angin merupakan beberapa contoh gangguan temporer [2].

2. Gangguan Permanen (Stationer)

Gangguan permanen ditandai dengan jatuhnya pengaman setelah dimasukkan kembali dan biasanya dilakukan sampai tiga kali. Pada gangguan permanen, pengaman bisa bekerja normal kembali setelah gangguan tersebut bisa diatasi. Gangguan yang bersifat permanen bisa disebabkan karena adanya kerusakan pada peralatan sistem tenaga listrik, sehingga gangguan ini baru bisa diatasi setelah kerusakan pada peralatan tersebut sudah diperbaiki. Hubungan singkat pada kabel, belitan trafo, generator (temburnya isolasi) merupakan beberapa contoh gangguan permanen [2].

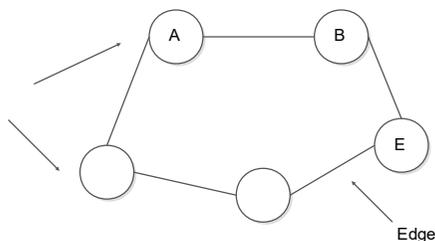
### 3. ALGORITMA *GREEDY*

Algoritma *Greedy* didasarkan pada pemindahan *edge(arc)* per *edge(arc)* dan pada setiap langkah yang diambil tidak memikirkan konsekuensi ke depan, *Greedy* tidak beroperasi secara menyeluruh terhadap semua alternatif solusi yangada serta sebagian masalah *Greedy* tidak selalu berhasil memberikan solusi yang benar-benar optimum tapi pasti memberikan solusi yang mendekati nilai optimum [3]. Masalah optimasi dalam konteks Algoritma *Greedy* disusun oleh elemen-elemen sebagai berikut [4].

1. Himpunan kandidat,  $C$ . Himpunan ini berisi elemen-elemen yang memiliki peluang untuk pembentuk solusi. Pada persoalan lintasan

terpendek dalam *graph*, himpunan kandidat ini adalah himpunan simpul dari *graph* tersebut.

2. Himpunan solusi,  $S$ . Himpunan ini berisi solusi dari permasalahan yang diselesaikan dan elemennya terdiri dari elemen dalam himpunan kandidat, namun tidak semuanya atau dengan kata lain himpunan solusi ini adalah bagian dari himpunan kandidat.
3. Fungsi seleksi. Fungsi yang pada setiap langkah memilih kandidat yang paling mungkin untuk menghasilkan solusi optimal. Kandidat yang sudah dipilih pada suatu langkah tidak pernah dipertimbangkan lagi pada langkah selanjutnya.
4. Fungsi kelayakan (*feasible*) adalah fungsi yang memeriksa apakah suatu kandidat yang telah dipilih atau diseleksi dapat memberikan solusi yang layak.
5. Fungsi obyektif adalah Fungsi yang memaksimumkan atau meminimumkan nilai solusi. Tujuannya adalah memilih satu saja solusi terbaik dari masing-masing anggota himpunan solusi.



**Gambar 7.** Representasi kedalam *Graph*

Apabila diberikan sebuah *graph* berbobot  $G(V,E)$ . tentukan lintasan terpendek dari *vertex* awal  $a$ , ke setiap *vertex* lainnya di  $G$ . Asumsi bahwa bobot semua *edge(arc)* bernilai positif. Algoritma *Greedy* untuk mencari lintasan terpendek dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Periksa semua *edge(arc)* yang langsung bersesuaian dengan *vertex*  $a$ . Pilih *edge(arc)* yang bobotnya terkecil. *Edge(arc)* ini menjadi lintasan terpendek pertama, sebut saja  $L(1)$ .

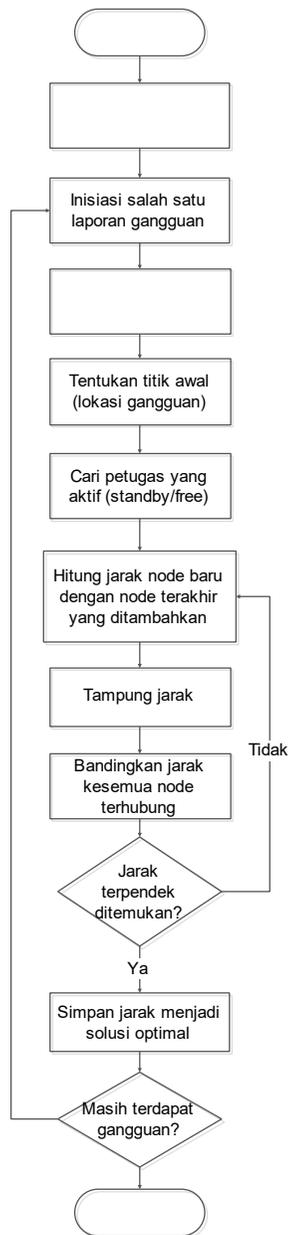
2. Tentukan lintasan terpendek ke dua dengan cara sebagai berikut:
  - i. Hitung  $d(i) = \text{panjang } L(1) + \text{bobot } \textit{edge}(\textit{arc})$  dari *vertex* akhir  $L(1)$  ke *vertex*  $i$  yang lain
  - ii. Pilih  $d(i)$  yang terkecil
  - iii. Bandingkan  $d(i)$  dengan bobot  $\textit{edge}(\textit{arc})$  ( $a,i$ ) lebih kecil daripada  $d(i)$ , maka  $L(2) = L(1) \cup (\textit{edge}(\textit{arc})$  dari *vertex* akhir  $L(i)$  ke *vertex*  $i$ )
4. Dengan cara yang sama, ulangi langkah (2) untuk menentukan lintasan terpendek berikutnya.

## 4. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran umum tentang aplikasi yang akan dibuat. Aplikasi Pelaporan Gangguan Listrik (APGL) ini dirancang dan dibuat dengan maksud untuk memberikan sebuah solusi perhitungan penentuan jarak optimal dalam proses penentuan petugas pelayanan teknik agar dapat merespon laporan gangguan pelanggan secara cepat dengan cara mencarikan petugas yang berada pada jarak yang paling dekat dengan lokasi gangguan sehingga menghasilkan jalur terpendek.

### 1. Flowchart Perancangan dan Pembuatan Sistem

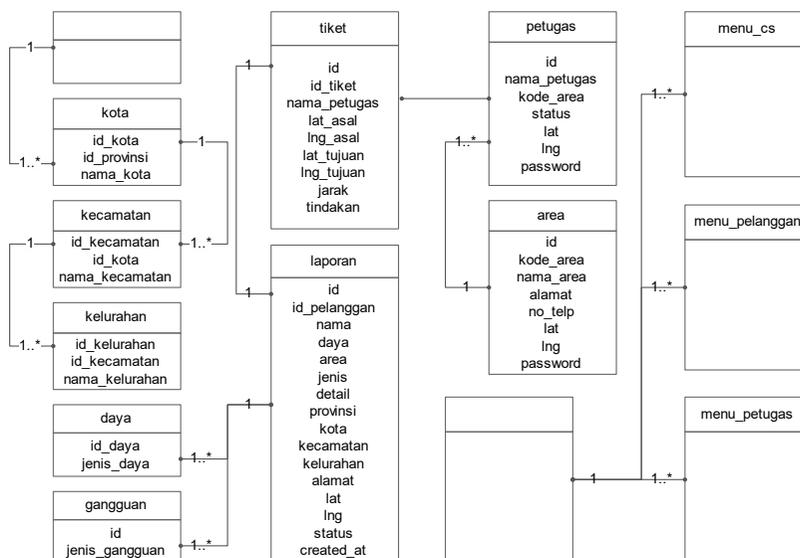
Proses pencarian petugas, penentuan petugas dengan menghitung jarak terpendek menggunakan algoritma optimasi, algoritma *greedy*. Algoritma *greedy* merupakan pilihan utama untuk permasalahan yang sederhana karena metode ini dapat memberikan solusi hampiran/aproksimasi terhadap nilai optimum yang diinginkan serta hasil yang diberikan masih merupakan solusi yang layak (*feasible solution*). Gambar 2 berikut merupakan perancangan sistem dengan *flowchart* atau diagram alir:



**Gambar 8.** *Flowchart* Perancangan dan Pembuatan Sistem

## 2. Perancangan Database

Perancangan Basis Data adalah proses untuk menentukan isi dan pengaturan data yang dibutuhkan untuk mendukung berbagai rancangan sistem, berfungsi untuk memudahkan dalam pembuatan tabel-tabel pada database. Berikut adalah perancangan struktur tabel akan digambarkan dalam relasi antartabel berikut:



Gambar 9. Relasi Tabel Database APGL

## 3. Perancangan Antarmuka

Antar muka adalah media perantara antar sistem dengan *user* yang dapat memberikan kemudahan bagi *user* untuk memberikan perintah kepada sistem. Berikut ini perancangan antarmuka Aplikasi Pelaporan Gangguan Listrik (APGL):

The screenshot shows a web form titled "Pengajuan Laporan Gangguan". It contains the following fields and controls:

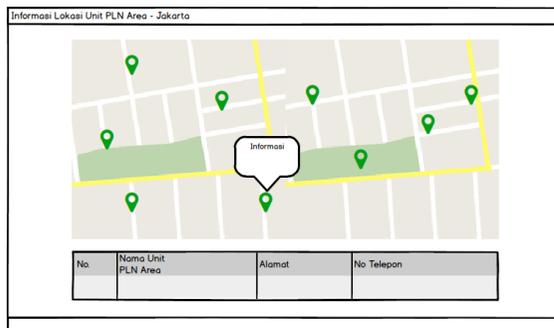
- ID Pelanggan: Text input field
- Nama Lengkap: Text input field
- Daya: Text input field
- PLN Area: Dropdown menu with "-pilih-" selected
- Tipe Permasalahan: Dropdown menu with "-pilih-" selected
- Detail Gangguan: Text area with a vertical scrollbar
- Pilih Provinsi: Dropdown menu with "-pilih-" selected
- Pilih Kota/Kabupaten: Dropdown menu with "-pilih-" selected
- Pilih Kecamatan: Dropdown menu with "-pilih-" selected
- Pilih Kelurahan: Dropdown menu with "-pilih-" selected
- Pindahkan marker sesuai lokasi Anda: A map showing a street grid with a red location pin and a yellow line.
- Latitude: Text input field with "Otomatis" selected
- Longitude: Text input field with "Otomatis" selected
- Detail Alamat: Text input field
- Laporkan: Button

**Gambar 10.** Tampilan *Form* Input Data Pengajuan Laporan

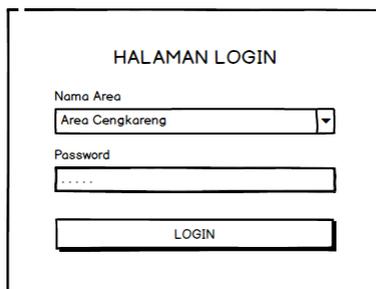
The screenshot shows a web form titled "Lacak Laporan Gangguan". It contains the following fields and controls:

- ID Pelanggan: Text input field with a "Cari" button to its right
- Nama Lengkap: Text input field
- Daya: Text input field
- PLN Area: Text input field
- Tipe Permasalahan: Text input field
- Detail Gangguan: Text input field
- Provinsi: Text input field
- Kota/Kabupaten: Text input field
- Kecamatan: Text input field
- Kelurahan: Text input field
- Latitude: Text input field
- Longitude: Text input field
- Detail Alamat: Text input field
- Status: Text input field
- Waktu dan Tanggal: Text input field

**Gambar 11.** Tampilan Halaman Lacak Laporan



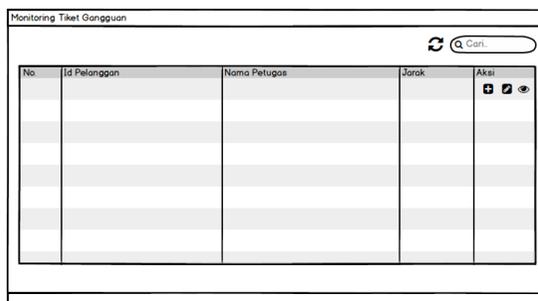
**Gambar 12.** Tampilan Halaman Info Lokasi Unit PLN Area



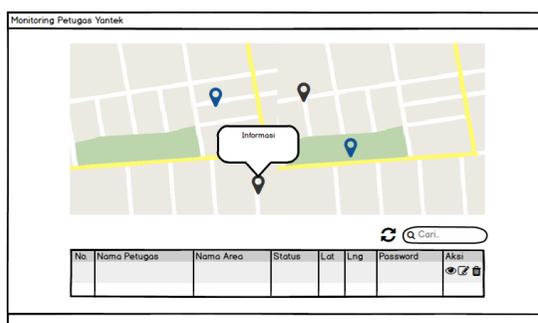
**Gambar 13.** Tampilan Halaman Login Unit PLN Area



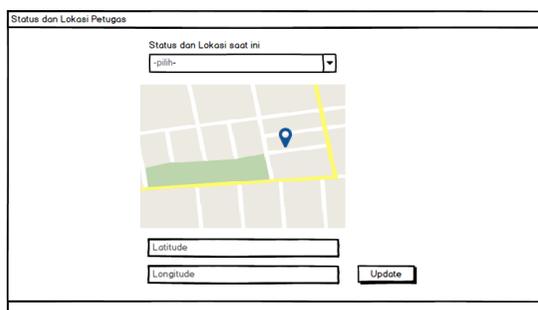
**Gambar 14.** Tampilan Halaman Monitoring Laporan



**Gambar 15.** Tampilan Halaman Monitoring Tiket



**Gambar 16.** Tampilan Halaman Monitoring Petugas



**Gambar 17.** Tampilan Halaman *Update* Status dan Lokasi Petugas

## 5. HASIL DAN UJI COBA

Hasil perancangan Aplikasi Pelaporan Gangguan Listrik (APGL) khusus gangguan rumah tangga dengan penerapan Algoritma Greedy diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman *Perl Hypertext Processor* (PHP) serta HTML pada *Framework CodeIgniter* sesuai



LAPORAN

Id Pelanggan: 5417033100384

Search Cancel

Laporan Read

Id Pelanggan	5417033100384
Nama	DARJI
Daya	R-1.450 VA sd 900 VA
Area	AREA KEBON JERUK
Jenis	Tetangga tidak turut padam
Detail	KWH MPB TERTERA ERR KEYPAD TIDAK BERFUNGSI
Provinsi	DKI JAKARTA
Kota	KOTA JAKARTA BARAT
Kecamatan	CENGKARENG
Kelurahan	RAWA BUAYA
Alamat	JL.DARMA WANITA 5 RT.6/1 NO.33 KEL.RAWA BUAYA
Lat	-6.1582108521236965
Lng	106.73263647094723
Status	VALIDASI
Created At	2017-07-25 10:18:24

Cancel

**Gambar 20.** Menu Lacak Laporan

## 2. Call Center 123

Tanpa melakukan *login*, *Call Center* PLN dapat langsung melakukan validasi laporan gangguan yang sudah diajukan oleh pelanggan untuk menentukan apakah laporan dapat diterima atau tidak, kemudian melakukan konfirmasi dengan menelepon pelanggan.

LAPORAN LIST

Show: 10 entries

No	Id Pelanggan	Nama	Detail	Alamat	Status	Created At	Action
1	654327890122	Hasna Labibah	MOHON PERIKSA APP PRABAYAR DISPLAY TERTERA ERROR (PTL PADAM)	Jl. Dharna Kencana No. 18	VALIDASI	2017-08-09 10:50:32	[+]
2	678536778234	Farah	MOHON PERIKSA APP PRABAYAR LAYAR DISPLAY BLANK	Jl. Wibisana 2	VALIDASI	2017-08-09 11:06:14	[+]
3	6867677564	Edo	MCB MATI TOTAL	Jl. Puskesmas 1	VALIDASI	2017-08-13 20:26:32	[+]

Showing 1 to 3 of 3 entries

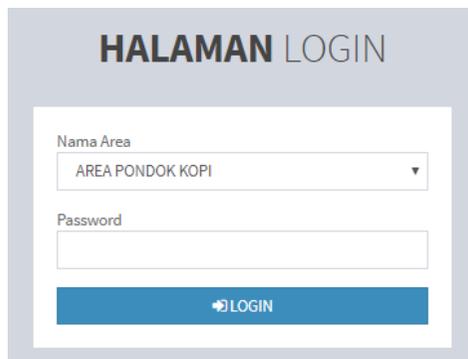
Previous 1 Next

Copyright © 2017-2018 Ayu Fadilah Prianty. All rights reserved. Version 1.0.0

**Gambar 21.** Menu Validasi Laporan

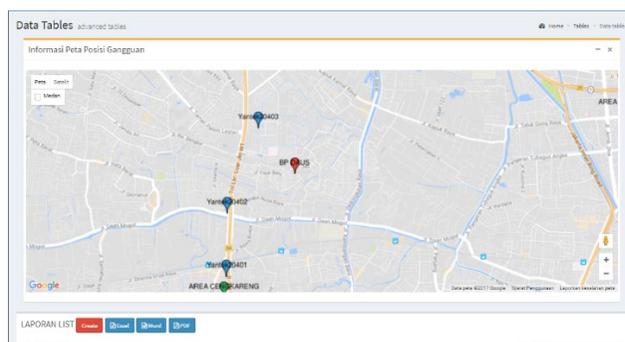
### 3. Unit PLN Area

Halaman login Unit PLN Area dibuat untuk PLN Area yang tersebar di Jakarta dengan memilih nama area dan input *password*.



**Gambar 22.** Halaman Login Unit PLN Area

Unit PLN Area dapat melakukan monitoring terhadap laporan gangguan yang sudah di-validasi oleh Call Center. Akan tampil tabel laporan dan map titik lokasi gangguan (marker merah), lokasi PLN Area terdekat (marker hijau) dan posisi petugas (marker biru).



**Gambar 23.** Menu Monitoring Laporan

Setelah laporan diproses untuk menentukan petugas terdekat dari lokasi gangguan pada menu monitoring laporan kemudian laporan akan dibuatkan tiket untuk dikirim ke petugas. Tiket laporan dan statusnya dapat di monitoring pada menu monitoring tiket.

No	Id Tiket	Nama Pelanggan	Nama Petugas	Jenis Gangguan	Detail	Alamat	Jarak	Status	Tindakan	Action
6	95987878	Raisa	Yantek29402	Tidak tahu Tetangga padam atau sdek	Kabel MCS terbakar	Perum KWarant Baru	1	DALAM PROSES	dalam perjalanan	[+] [x] [R]
11	564795299722	Thiago	Yantek29401	Tetangga tidak harut padam	METER DIGITAL BERTULISKAN ERROR 1 RUMAH PADAM	Jl. Raya Sukasena, Kost Putra	1.1	DALAM PROSES	dalam perjalanan	[+] [x] [R]
1	5417033100384	DARLI	Yantek29402	Tetangga tidak harut padam	KOHY MPB TERTERA ERR KEYPAD TIDAK BERUPAKSI	JL DARMA WANITA 5 RT 61 NO.33 KEL BAWA BUAYA	0.8	SELESA	selesai	[+] [x] [R]
2	5417033000425	BP DAUS	Yantek29403	Tetangga tidak harut padam	MCHON PENANGANAN SIGERA SER TERPUTUS TERTAMPA POHON (PTL PADAM) DI PERIS. TSEL DIKAWATIRKAN MEMBAHAYAKAN	JL AKASIA RAYA RT 14 RW 12 NO 13 KEL CENGKARENG TIMUR KEC CENGKARENG JAKARTA BARAT SAMPING POS	1.26	SELESA	selesai	[+] [x] [R]

Gambar 24. Menu Monitoring Tiket

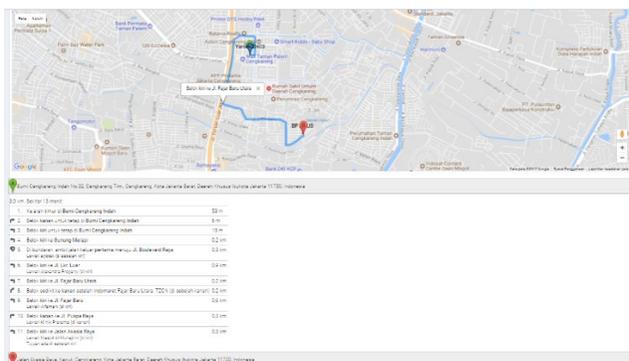
Unit PLN area dapat melakukan monitoring petugas Yantek dengan menampilkan tabel *list* petugas dan marker pada map serta satu aktif (biru) atau tidak aktif (hitam) dari petugas.

No	Nama	Nama Area	Status	Lat	Long	Password	Action
1	Yantek29401	AREA KECOH JERUK	TIDAK AKTIF	-6.29499	101.74874	Yantek29401	[+] [x] [R]
2	Yantek29402	AREA KECOH JERUK	AKTIF	-6.29491	101.74891	Yantek29402	[+] [x] [R]
3	Yantek29403	AREA BULGANDI	AKTIF	-6.23498	101.76886	Yantek29403	[+] [x] [R]

Gambar 25. Menu Monitoring Petugas Yantek

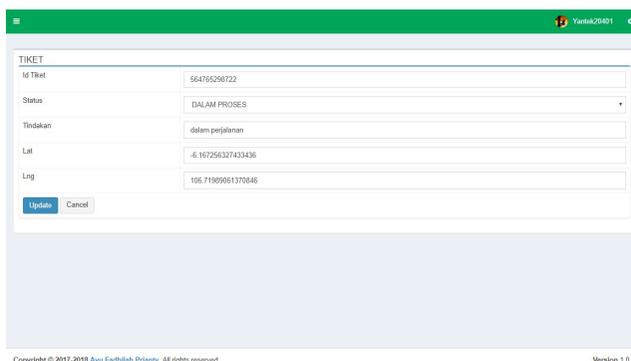
#### 4. Petugas Posko Pelayanan Teknik PLN Area

Setelah petugas posko pelayanan teknik mendapatkan tiket laporan gangguan dari Unit PLN Area, petugas dapat langsung memproses laporan dengan klik *button* proses untuk menampilkan *direction* ke lokasi gangguan.



**Gambar 26.** Halaman *Direction* Petugas

Setelah selesai melakukan perbaikan, petugas diharuskan melakukan *update* status laporan gangguan, apakah masih “dalam proses” ataupun sudah “selesai” dan mendeskripsikan tindakan penanganan yang sudah dilakukan.



**Gambar 27.** Menu *Update* Status Hasil Penanganan

Untuk mengetahui status petugas aktif/tidak aktif, petugas harus melakukan update status dan posisi terakhir petugas berada agar mudah dilakukan monitoring.

The screenshot shows a web form titled 'PETUGAS'. It has several input fields: 'Nama' (Name), 'Kode Area' (Phone Area), 'Status' (with a dropdown menu set to 'AKTIF'), 'LAT', 'LON', and 'Password'. There is a 'Pilih Lokasi' section with a map showing a location in Jakarta. At the bottom, there are 'Update' and 'Cancel' buttons.

Gambar 28. Menu *Update* Status dan Lokasi Petugas

Perhitungan jarak optimal menggunakan algoritma *greedy* dalam aplikasi pelaporan gangguan listrik (APGL) melalui menu Unit PLN Area **Halaman Monitoring Tiket**.

The screenshot shows a web interface for monitoring tickets. At the top, there are buttons for 'Ubah Status Gangguan', 'TIKET LIST', 'Create', and 'Print'. Below is a search bar and a table with the following data:

No	Id Tiket	Nama Pelanggan	Nama Petugas	Jenis Gangguan	Detail Gangguan	Alamat Gangguan	Jarak	Tindakan	Action
1	5417033000425	BP DAUS	Yantek20403	Tetangga tidak turut padam	MOHON PENANGANAN SEGERA SR TERPUTUS TERTIMPA POHON (PTL PADAM) DI CENGKARENG PERSIL TSB, DIKHAWATIRKAN MEMBAHAYAKAN KESELAMATAN PE	JL AKASIA RAYA RT 14 RW 12 NO 13 KEL CENGKARENG TIMUR KEC CENGKARENG JAKARTA BARAT, SAMPIING POS RW 12	1,26	dalam perjalanan	[Close] [Refresh] [Print]

Showing 1 to 1 of 1 entries. Navigation: Previous 1 Next

Gambar 29. Halaman Monitoring Tiket yang Sudah Diproses

The screenshot shows a page titled 'Proses GREEDY ALGORITHM'. It contains the following text:

**Proses Perhitungan Jarak**  
Tujuan Koordinat Pelanggan 564765298722 : -6.16725632743436, 106.71589061370846  
1. Yantek20403 Koordinat : -6.17035222853717, 106.71421399570853 Jarak ke Tujuan : 1.1  
2. Yantek20404 Koordinat : -6.136226, 106.744737 Jarak ke Tujuan : 3.18  
3. Yantek20409 Koordinat : -6.146663, 106.700466 Jarak ke Tujuan : 3.14  
4. Yantek20407 Koordinat : -6.133697, 106.742357 Jarak ke Tujuan : 4.21

Mendapatkan Jarak Optimal 1.1 pada nama petugas : Yantek20401

[OK Proses]

Copyright © 2017-2018 Ayu Fadilah Priatny. All rights reserved. Version 1.0.0

Gambar 30. Hasil Penentuan Petugas dengan Algoritma (*Greedy*)

Pengujian sampel dilakukan dengan data histori gangguan individu sebagai acuan. Dilakukan perbandingan antara hasil waktu durasi pelaporan gangguan hingga petugas datang ke lokasi gangguan dengan waktu durasi estimasi dari perhitungan sistem. Hasil pengujian digambarkan dalam sebuah tabel berikut ini:

**Tabel 1.** Data Waktu Respon Gangguan

Data Sumber Pengujian	Id Pelanggan	Waktu Lapor (Jam)	Waktu Penanganan (Jam)	Durasi (Jam)
Data Gangguan Individu PLN Area Cengkareng	G5117060600164	7:17:00	9:15:28	01:57:28
	G5117022801884	9:39:00	11:09:39	01:30:39
	G2317030200131	19:52:33	22:18:58	02:26:25

Tabel 1 merupakan data waktu respon gangguan yang diajukan pelanggan berupa waktu durasi yang didapat dari data histori sistem berjalan pada PLN Area Cengkareng. Data tersebut akan dibandingkan dengan estimasi waktu respon terhadap laporan gangguan yang diajukan pelanggan pada APGL. Perbandingan dilakukan terhadap dua data, yaitu data gangguan individu hasil rekapitulasi dari sistem berjalan dan dibandingkan dengan data hasil perhitungan algoritma *greedy* yang ada pada sistem seperti pada tabel 2 berikut:

**Tabel 1.** Pengujian Estimasi Waktu Respon

Data Sumber Pengujian	Id Pelanggan	Waktu Lapor (Jam)	Waktu Penanganan (Jam)	Durasi (Jam)
Perhitungan Algoritma Greedy	G5117060600164	16:24:36	16:39:36	00:15:00
	G5117022801884	9:39:00	9:49:00	00:10:00
	G2317030200131	19:52:33	20:09:33	00:17:00

Pengujian dilakukan pada tiga laporan gangguan individu dengan nomor laporan terpilih. Sumber data diambil dari histori pengajuan laporan gangguan individu pelanggan dari sistem berjalan di PLN Area Cengkareng. Hal ini dilakukan agar data yang diinput ke sistem merupakan data sesungguhnya yang terjadi di lapangan tanpa manipulasi sedikitpun. Kembali kepada salah satu tujuan dari penelitian yang dilakukan, yaitu untuk meningkatkan waktu respon dari laporan gangguan, maka dilakukan perbandingan waktu durasi yang didapatkan dari sumber data sistem berjalan

dengan data hasil perhitungan. Waktu durasi berarti rentang waktu antara waktu pengajuan laporan gangguan dengan waktu penanganan gangguan.

Didapatkan hasil selisih antara kedua sumber data tersebut cukup terpaut jauh. Durasi data gangguan individu sistem berjalan, didapat rata-rata waktu respon terhadap gangguan sebesar 1 jam 57 menit, sedangkan apabila dihitung dengan algoritma *greedy* dari perhitungan waktu tempuh hasil *direction google map* didapatkan waktu respon yang lebih cepat, dengan rata-rata 14 menit saja.

## 6. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan mulai tahap awal hingga proses pengujian Aplikasi Pelaporan Gangguan Listrik (APGL) dengan penerapan algoritma *greedy* dapat disimpulkan bahwa, sistem pelayanan terhadap pengaduan gangguan listrik individu yang sedang berjalan pada PT. PLN (Persero) didapat dari hasil wawancara dan observasi dimulai dari pengajuan laporan gangguan via telepon *Call Center* 123 hingga perbaikan gangguan. Perancangan dan pembangunan Aplikasi Pelaporan Gangguan Listrik (APGL) harus sesuai dengan kebutuhan pengguna yang dapat dilakukan dengan cara merancang flowchart perancangan sistem, basis data dan antar muka aplikasi serta melakukan implementasi dengan menggunakan bahasa pemrograman berbasis *web*. Penerapan algoritma *greedy* dimulai dari inisialisasi titik awal hingga tujuan, hitung jarak diantara titik tersebut, melakukan perbandingan jarak hingga didapat jarak terpendek. Proses tersebut ada pada fungsi PLN Area untuk menentukan petugas agar dapat melakukan penanganan gangguan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Rivaldi, Interviewee, *Data Histori Gangguan Individu-Alamat APKT*. [Interview]. 11 Juni 2017.
- [2] E. Energy, "Jenis Gangguan Pada Jaringan Distribusi," 20 November 2013. [Online]. Available: <https://ezkhelenergy.blogspot.co.id/2013/11/jenis-gangguan-pada-jaringan-distribusi.html>.
- [3] H. S. Lubis, "Perbandingan Algoritma Greedy dan Dijkstra untuk Menentukan Lintasan Terpendek," *Skripsi*, pp. 1-76, 2009.

- [4] A. X. Albert, "Analisis Algoritma," - Juli 2013. [Online]. Available: <https://bertzzie.com>.
- [5] S. A. Wiitala, *Discrete Mathematics A Unified Approach*, Singapore: McGraw-Hill Book Co., 1987.
- [6] S. M. Bettiza and E. Suswaini, "Implementasi Algoritma Greedy dalam Menentukan Rute Trayek Angkutan Kota (Angkot) Tanjung Pinang," *Jurnal UMRAH*, pp. 1-9, 2014.
- [7] Faisal, "Teknik Menentukan Perjalanan pada Masalah Persimpangan Dengan Menggunakan Metode Greedy Coloring," *Jurnal Penelitian Ilmu Komputer, System Embedded & Logic*, pp. 43-46, 2013.
- [8] H. A. Fatta, *Analisis dan Perancangan Sistem Informasi*, Yogyakarta: Andi, 2007.
- [9] A. Novianto, B. Sugiantoro and Y. Prayudi, "Anonymous Mail Analysis Based Postfix SMTP Mail Server with Greedy Algorithm," *International Journal of Research in Computer and Communication Technology (IJRCCT)*, pp. 581-587, 2016.
- [10] D. S. Purnia and D. Riana, "Pencarian Rute Terpendek Perjalanan Promosi Marketing Menggunakan Algoritma Genetika dan Algoritma Greedy," *Jurnal Informatika*, pp. 299-313, 2016.
- [11] Siregar, Riki Ruli A., Hengki Sikumbang, and Iriansyah BM Sangadji. "KWh Meter Smart Card Model Token For Electrical Energy Monitoring." *MATEC Web of Conferences*. Vol. 218. EDP Sciences, 2018.
- [12] Nisa, Tia Choirun, Riki Ruli A. Siregar, and Widya Nita Suliyanti. "Estimasi Daya Beban Listrik Pada Gardu Induk Cengkareng Dengan Menggunakan Metode TIME Series Model
- [13] Dekomposisi." *TEKNOLOGIA 2.1* (2019).
- Siregar, Riki Ruli A., Nurfachri Wardana, and Luqman Luqman. "Sistem Monitoring Kinerja Panel Listrik Tenaga Surya
- [14] Menggunakan Arduino Uno." *Jetri* 14.2: 81-100.
- Indrianto I, Susanti MN, Siregar RR, Purwanto Y. Smart taxi security system design with internet of things (IoT). *Telkomnika*.
- [15] 2019 Jun 1;17(3).

Susanti, M.N.I., Arianto, R. and Siregar, R.R.A., 2018. Embedded System Practicum Module for Increase Student Comprehension of Microcontroller. *TELKOMNIKA*, 16(1), pp.53-60.

## JUDUL ARTIKEL

(CENTER, TNR 14, KAPITAL, BOLD, 1,15 SPASI)

*Penulis Pertama<sup>1</sup>, Penulis Kedua<sup>2</sup>, dan Penulis Ketiga<sup>3</sup>*

*(11pt italic tanpa gelar akademis)*

<sup>1</sup>Afiliasi Penulis 1 (institusi asal penulis 1)

<sup>2</sup>Afiliasi Penulis 2 (institusi asal penulis 2)

<sup>3</sup>Afiliasi Penulis 2 (institusi asal penulis 3)

E-mail: [xxx@xxx.xxx](mailto:xxx@xxx.xxx) (corresponding authors)

### ABSTRACT

*The abstract is written in Indonesian and English, with one paragraph and no more than 250 words length. The abstract should provide a clear statement of the research purpose, method and important results or conclusion of the research. Times New Roman 11 pt, Italic and 1 spacing should be used in the abstract. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand-alone. Reference, non-standard or uncommon abbreviation should be avoided in the abstract.*

**Keywords:** *English, Language, 3-5 words (11 pt)*

### ABSTRAK

*Abstrak ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris dengan panjang maksimum 250 kata dan hanya terdiri dari satu paragraph. Abstrak berisi ringkasan dari tujuan penelitian, metode dan hasil penelitian atau kesimpulan penting yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan. Abstrak diketik dengan tipe font Times New Romans 11 pt, Italic dan spasi 1. Karena abstrak dapat dipublikasikan terpisah dari artikel, abstrak harus dapat berdiri sendiri. Penggunaan singkatan dan kutipan atau acuan pada abstrak sedapat mungkin dihindari.*

**Kata kunci:** *Bahasa, Indonesia, 3-5 kata (11 pt)*

## 1. PENDAHULUAN (11pt, kapital)

Naskah jurnal ditulis di kertas berukuran standar A4 (21 cm x 29.7 cm) dalam jumlah maksimum 10 halaman. Naskah ditulis dalam format font *Times New Roman* dengan ukuran 11 dan spasi 1.15. Tambahkan satu spasi untuk setiap antar-bagian (antara judul dan penulis, antara penulis dan abstrak, antara abstrak dan kata kunci, antara sub-bab dan isi). Batas *margin* atas 4 cm, *inside* 4 cm, bawah 3 cm dan *outside* 2,5 cm. Naskah tidak perlu diberi nomor halaman, *header* dan *footer*.

Bagian Pendahuluan membahas latar belakang masalah, tinjauan pustaka secara ringkas, maksud dan tujuan riset dilakukan. Pendahuluan sebaiknya berisi perkembangan penelitian terdahulu (*state of the art*) untuk membandingkan dengan penelitian yang dilakukan saat ini sehingga tampil kesenjangan antara teori atau hasil penelitian terdahulu dengan keadaan saat ini atau yang diharapkan.

## 2. DASAR TEORI /MATERIAL DAN METODOLOGI/PERANCANGAN [11 pts/Bold]

### 2.1 Contoh Persamaan Matematika [11 pts/Bold]

Deskripsikan secara ringkas mengenai materi dan metode yang digunakan dalam penelitian, meliputi subyek/bahan yang diteliti, alat yang digunakan, rancangan percobaan atau desain yang digunakan, teknik pengambilan sampel, variabel yang akan diukur, teknik pengambilan data, analisis dan model statistik yang digunakan. Kutipan berturut-turut dalam tanda kurung (1)..

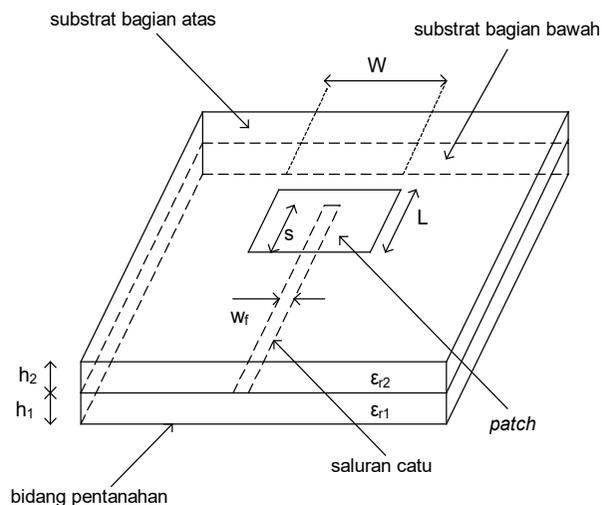
Persamaan matematika dinomori dengan angka Arab di dalam tanda kurung buka-tutup pada posisi rata kanan kolom. Penulisan rumus diawali dengan jorokan awal (*first line*) 1,25 cm dan diikuti dengan nomor rumus:

[satu baris kosong]

$$\text{CosSim}(d_j, q) = \frac{\vec{a}_j \cdot \vec{q}}{|\vec{a}_j| \cdot |\vec{q}|} = \frac{\sum_{i=1}^t (w_{ij} \cdot w_{iq})}{\sqrt{\sum_{i=1}^t w_{ij}^2 \cdot \sum_{i=1}^t w_{iq}^2}} \quad (1)$$

Gambar dan tabel dibuat hitam putih dan diletakkan di tengah serta harus diberi nomor urut dan judul. Huruf pertama setiap kata pada judul gambar dan tabel ditulis dengan huruf kapital kecuali kata sambung. Judul gambar diletakkan di bawah gambar sedangkan judul tabel diletakkan di atas tabel. Isi tabel dibuat 1 spasi dengan ukuran huruf 10 pt. Contoh penulisan gambar dan tabel berikut ini.

[satu baris kosong]



**Gambar 1.** Geometri Pencatuan *electromagnetically coupled*  
[satu baris kosong]

**Tabel 1.** Spesifikasi Substrat yang Digunakan

Jenis Substrat	FR4 (epoxy)
Konstanta Dielektrik Relatif ( $\epsilon_r$ )	4.3
Konstanta Permeabilitas Relatif ( $\mu_r$ )	1
Dielectric Loss Tangent ( $\tan \delta$ )	0.09
Ketebalan Substrat (h)	1.6 mm
Konduktifitas Bahan	$5.8 \times 10^7$ S/m

[satu baris kosong]

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN [11 pts/Bold]

Hasil adalah inti dari suatu artikel yang menyajikan data hasil penelitian yang ditemukan dan disusun dalam ilustrasi (tabel, gambar, foto, denah, atau diagram). Pembahasan terhadap hasil penelitian dan pengujian yang diperoleh disajikan dalam bentuk uraian teoritik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif [1]. Hasil penelitian sebaiknya ditampilkan dalam berupa grafik atau pun tabel. Untuk grafik dapat mengikuti format untuk diagram dan gambar. Kutipan berturut-turut dalam tanda kurung [2].

Pembahasan berisi penjelasan apa arti hasil dan implikasinya untuk kajian di masa depan, tidak mengulangi apa yang telah dipaparkan dalam kajian pustaka atau hasil. Hubungkan hasilnya dengan pertanyaan yang diajukan di bagian pendahuluan.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN [11 pts/Bold]

Kesimpulan berisi kumpulan dan meringkas hasil yang paling penting dan implikasinya. Isi kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan penelitian bukan rangkuman hasil penelitian. Kesimpulan dan saran dibuat secara singkat, jelas, dan padat didasarkan pada hasil penelitian [3]. Kesimpulan dan Saran berupa paragraf tanpa numbering. Kutipan berturut-turut dalam tanda kurung() [4] (Gunakan kutipan menggunakan otomatis/aplikasi sitasi)

## UCAPAN TERIMAKASIH [11 pts/Bold ,jika ada]

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Instansi/perusahaan/lembaga yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel.

## DAFTAR PUSTAKA [11 pts/Bold]

Kutipan berturut-turut dalam tanda kurung [1]. Kalimat tanda baca berikut braket [2]. Merujuk hanya untuk nomor referensi, seperti pada [3] -Jangan menggunakan "Ref. [3] "atau" referensi [3]. Minimal daftar pustaka sebanyak 5 Kutipan.

- [1] Fernández-Delgado Juárez, M., Mostbauer, P., Knapp, A., Müller, W., Tertsch, S., Bockreis, A., & Insam, H. (2018). Biogas purification with biomass ash. *Waste Management*, 71, 224–232. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.09.043>
- [2] Legino, S., & Arianto, R. (2017). Solving Large Scale Unit Dilemma in Electricity System by Applying Commutative Law. In *The International Conference on Mathematics: Pure, Applied and Computation (ICoMPAC)*. Surabaya, Indonesia: (Presented: November 1, 2017).
- [3] Mojica, E. E., Ardaniel, A.-A. S., Leguid, J. G., & Loyola, A. T. (2017). Development of a low-cost biogas filtration system to achieve higher-power efficient AC generator. In *International Conference on Engineering and Technology (IntCET 2017)* (Vol. 20042, pp. 1–7). <https://doi.org/10.1063/1.5022936>
- [4] Pääkkönen, A., Tolvanen, H., & Rintala, J. (2018). Techno-Economic Analysis Of A Power To Biogas System Operated Based On Fluctuating Electricity Price. *Renewable Energy*, 117, 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.10.031>
- [5] Tauro, R., García, C. A., Skutsch, M., & Masera, O. (2018). The potential for sustainable biomass pellets in Mexico: An analysis of energy potential, logistic costs and market demand. *Renewable and*

- Sustainable Energy Reviews*, 82, 380–389.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.036>
- [6] Wang, A. L., Damartzis, T., Diethelm, S., Herle, J. Van, & Marechal, F. (2018). Thermo-Economic Evaluation of Sustainable Biogas Upgrading via Solid-Oxide Electrolysis. *Energy and Power Engineering*, 12(4), 1607.

Penyusunan rujukan dalam daftar pustaka berurut berdasarkan urutan sitasi yang digunakan (sekuensial) dan diberi nomor angka arab dalam kurung siku. Penulisan unsur-unsur keterangan pustaka mengikuti kaidah dengan urutan: (1) nama pengarang ditulis dengan urutan nama akhir, nama awal dan nama tengah, tanpa gelar akademik. (2) tahun penerbitan. (3) Judul. (4) tempat penerbitan. (5) nama penerbit.

## LAMPIRAN

Jika diperlukan, tulisan dapat dilengkapi dengan lampiran.

---

## Catatan:

- Format penulisan artikel di atas dapat diunduh pada link <https://bit.ly/2IYpWaO>
- Artikel yang dikirimkan kepada redaksi belum pernah dimuat atau tidak sedang diajukan untuk dimuat pada media cetak lainnya.

**JURNAL TEKNOLOGIA** adalah jurnal keilmuan produk kolaborasi dari lima perguruan tinggi yang tergabung dalam APERTI BUMN. Jurnal ini mempublikasikan karya ilmiah di bidang sains, teknologi, dan sosial.



**APERTI BUMN**  
ALIANSI PERGURUAN TINGGI BUMN

