



INFOMATEK

Volume 23 Nomor : 1 Juni 2021

JURNAL **INFO**RMATIKA, **MA**NAJEMEN DAN **TEK**NOLOGI

PENENTUAN UKURAN LOT PEMESANAN KEDELAI UNTUK MEMINIMUMKAN BIAYA PERSEDIAAN (STUDI KASUS DI RUMAH PRODUKSI TEMPE)

Akhsani Nur Amalia

PENGEMBANGAN LAYANAN APLIKASI GO-JEK DALAM MENINGKATKAN KEPUASAN PELANGGAN

Suhaila Lungsae, M. Ruslianor Maika

SIMULASI CFD ANALISA PENAMBAHAN TEMPERATUR PADA PEMBAKARAN OXY-FUEL BOILER DENGAN BAHAN BAKAR GAS ALAM

Ihsan Budiman, Reza Setiawan, Oleh

PENENTUAN DOSIS OPTIMUM NATRIUM HIPOKLORIT PADA PROSES KLOORINASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PERUSAHAAN FARMASI

Purnomosutji Dyah Prinajati

PENGARUH BODY MASS INDEX DAN LINGKUNGAN FISIK KERJA TERHADAP KONSENTRASI MAHASISWA DI RUANG BELAJAR FTM. UNJANI BANDUNG

Resfi Siti Mulyasari, Hermita Dyah Puspita

TINGKAT PENCEMARAN UDARA CO AKIBAT LALU LINTAS DENGAN MODEL PREDIKSI UDARA SKALA MIKRO DI JALAN SUDIRMAN JAKARTA

Fyra Catleya, Yonik Meilawati Yustiani, Astri Widiastuti Hasbiah

Jurnal INFOMATEK	Vol. 23	No. 1	Hal. 1 – 68	Bandung Juni 2021	P-ISSN 1411-0865	E-ISSN 2614-7807
---------------------	---------	-------	-------------	-------------------------	---------------------	---------------------



INFOMATEK

Volume 23 Nomor 1 Juni 2021 JURNAL INFORMATIKA, MANAJEMEN DAN TEKNOLOGI

Pelindung

(Dekan Fakultas Teknik)

Mitra Bestari

Dr. Dikdik Kurnia (Universitas Padjadjaran)
Purnomo Yustianto, Ph.D (Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Jawa Barat)
Ridwan Sutriadi, Ph.D (Institut Teknologi Bandung)
Dr. Evi Afiatun (Universitas Pasundan)
Dr. Ir. Yogi Yogaswara, MT.
Sri Widayati, ST., MT. (Universitas Islam Bandung)
Dr. Budi Heri Pirngadi (Universitas Pasundan)
Dr. Rini Triani (Universitas Pasundan)
Dr. Dedi Lazuardi (Universitas Pasundan)

Pimpinan Umum

Dr. Ir. Yusman Taufik, M.P.

Ketua Penyunting

Dr. Ir. Bambang Ariantara, MT.

Sekretaris Penyunting

Dr. Yonik Meilawati Yustiani

Anggota Penyunting

Dr. Dade Nurjanah (Universitas Telkom)
Dr. Mohamad Satori (Universitas Islam Bandung)
Rizki Wahyuniardi, ST., MT. (Universitas Pasundan)
Dr. Willy Pranata Widjaja (Universitas Pasundan)
Dr. Ririn Dwi Agustin (Universitas Pasundan)
Dr. Ari Djamiko (Universitas Pasundan)

Akreditasi: Jurnal INFOMATEK – Informatika, Manajemen dan Teknologi terakreditasi **SINTA 4**. Terindeks Google Scholar dan DOAJ.

Penerbit : Jurnal INFOMATEK - Informatika, Manajemen dan Teknologi - diterbitkan oleh Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung

Penerbitan : Frekuensi terbit INFOMATEK dalam satu volume sebanyak 2 nomor per tahun pada setiap bulan : Juni dan Desember. Penerbitan perdana Volume 1 nomor 1 dimulai pada bulan Juni 1999.

Alamat Penyunting dan Tata Usaha : Fakultas Teknik Universitas Pasundan Jl. Dr. Setiabudhi No. 193 Bandung 40153, Tel. (022) 2019435, HUNTING 2019433, 2019407 Fax. (022) 2019329, *E-mail* : infomatek@unpas.ac.id



DAFTAR ISI

Akhsani Nur Amalia	1 – 6	PENENTUAN UKURAN LOT PEMESANAN KEDELAI UNTUK MEMINIMUMKAN BIAYA PERSEDIAAN (STUDI KASUS DI RUMAH PRODUKSI TEMPE)
Suhaila Lungsae M. Ruslianor Maika	7 – 20	PENGEMBANGAN LAYANAN APLIKASI GO-JEK DALAM MENINGKATKAN KEPUASAN PELANGGAN
Ihsan Budiman Reza Setiawan Oleh	21 – 26	SIMULASI CFD ANALISA PENAMBAHAN TEMPERATUR PADA PEMBAKARAN OXY-FUEL BOILER DENGAN BAHAN BAKAR GAS ALAM
Purnomosutji Dyah Prinajati	27 – 42	PENENTUAN DOSIS OPTIMUM NATRIUM HIPOKLORIT PADA PROSES KLOORINASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PERUSAHAAN FARMASI
Resfi Siti Mulyasari Hermita Dyah Puspita	43 – 54	PENGARUH BODY MASS INDEX DAN LINGKUNGAN FISIK KERJA TERHADAP KONSENTRASI MAHASISWA DI RUANG BELAJAR FTM. UNJANI BANDUNG
Fyra Catleya Yonik Meilawati Yustiani Astri Widiastuti Hasbiah	55 – 68	TINGKAT PENCEMARAN UDARA CO AKIBAT LALU LINTAS DENGAN MODEL PREDIKSI UDARA SKALA MIKRO DI JALAN SUDIRMAN JAKARTA



INFOMATEK

Volume 23 Nomor 1 Juni 2021

PENENTUAN UKURAN LOT PEMESANAN KEDELAI UNTUK MEMINIMUMKAN BIAYA PERSEDIAAN (STUDI KASUS DI RUMAH PRODUKSI TEMPE)

Akhsani Nur Amalia*

Program Studi Teknik Industri
Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana

Abstrak: Penelitian dilakukan untuk mengetahui ukuran lot pemesanan kedelai sebagai bahan baku pembuatan tempe di Rumah Produksi Tempe. Studi kasus diambil berdasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Imelia Indriawan (2021). Hasil dari penelitian tersebut membuktikan bahwa dengan teknik Least Unit Cost, total biaya persediaan kedelai dapat berkurang sebesar Rp 108.000 atau sebesar 28,57%. Akan tetapi, penelitian tersebut baru menggunakan satu teknik saja. Padahal, masih banyak teknik lot size yang dapat digunakan. Oleh karenanya, penelitian ini dilakukan untuk dapat mengetahui apakah LUC merupakan teknik penentuan ukuran lot terbaik yang menghasilkan total biaya persediaan paling minimum dibandingkan dengan teknik penentuan ukuran lot lainnya. Penelitian dilakukan dengan delapan teknik penentuan ukuran lot yaitu LFL, EOQ, POQ, LUC, LTC, SM, PPB dan WW. Hasil penelitian membuktikan bahwa teknik penentuan ukuran lot yang memberikan penghematan terbesar terhadap total biaya persediaan adalah *Wagner Whitin Algorithm*. Penghematan yang dapat dilakukan menggunakan teknik ini sebesar Rp 332.000 atau sebesar 29,61%.

Kata kunci: Kedelai, Penentuan Ukuran Lot, Penghematan

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persediaan mencakup seluruh barang dan juga bahan dalam proses produksi maupun distribusi seperti bahan mentah, suku cadang, *sub assembly* dan produk jadi. Terdapat tiga komponen dalam biaya persediaan di antaranya biaya pesan, biaya simpan dan biaya kekurangan (Fogarty, dkk., 1991 [1]).

Permintaan dependen adalah permintaan untuk barang-barang dengan level yang lebih rendah seperti, bahan baku, suku cadang dan *sub assembly* (Tersine, Richard J., 1994 [2]). Permintaan dependen terjadi secara kontinyu tergantung pada jumlah *demand* barang jadi yang akan diproduksi. Hal ini menyebabkan pentingnya sebuah pengendalian persediaan terhadap komponen-komponen dependen. Kelebihan komponen menyebabkan biaya persediaan tinggi. Akan tetapi, kekurangan komponen menyebabkan proses produksi terganggu. Oleh sebab itu, perlu perencanaan

* akhsani@stt-wastukencana.ac.id

terhadap setiap komponen agar pemesanan yang dilakukan sesuai dengan yang dibutuhkan.

Perencanaan kebutuhan bahan baku dalam proses produksi adalah salah satu hal yang penting untuk keberlangsungan sebuah industri manufaktur. Perencanaan kebutuhan bahan baku dilakukan sepanjang periode perencanaan. Satuan periode yang digunakan dapat berupa tahun, bulan, minggu atau bahkan hari. Oleh karena sifatnya yang kontinyu, maka kebutuhan periode yang akan datang, bergantung pada ketersediaan periode sebelumnya

Penentuan ukuran lot adalah sebuah proses penentuan jumlah pesanan. Pesanan dilakukan ketika ada kebutuhan bersih yang bertanda positif. Jumlah unit yang dipesan sama nilainya dengan kebutuhan bersih di periode yang bersangkutan atau melebihi jumlah yang dibutuhkan agar memperoleh keuntungan ekonomis untuk memenuhi kebutuhan di periode berikutnya (Santoso, dkk., 2017 [3]). Penggunaan teknik penentuan ukuran lot akan berpengaruh terhadap besarnya biaya persediaan yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Umumnya, perusahaan menginginkan biaya persediaan yang minimum.

1.2 Perumusan Penelitian

Penelitian mengenai penentuan ukuran pemesanan bahan baku telah banyak dilakukan. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Brillian A. R. Devy (2018) [4] yang bertujuan untuk menetapkan kebijakan dalam upaya pengendalian kebutuhan komponen pembuatan furniture, dimana biaya persediaan yang dikeluarkan menjadi acuan utama. Teknik penentuan ukuran lot yang digunakan adalah *Silver Meal Algorithm* dan *Wagner Within*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik penentuan ukuran lot terpilih untuk meminimumkan biaya adalah *Silver Meal Algorithm*, dimana teknik ini menghasilkan efisiensi biaya sebesar 3,2% sampai 4,5% dibandingkan kondisi awal. Penelitian yang sama dilakukan oleh Shinta Monica dan Putu Yudi Setiawan (2019) [5] yang bertujuan untuk mengetahui jumlah kebutuhan, biaya persediaan, waktu pemesanan dan teknik penentuan ukuran lot yang dapat menghasilkan biaya paling rendah untuk bahan baku produk Body Scrub Powder. Teknik penentuan ukuran lot yang digunakan adalah metode *Lot for Lot* dan *Part Period Balancing*. Hasil penelitian menunjukan bahwa teknik *lot sizing* terbaik adalah *Part Period Balancing* dengan biaya persediaan sebesar Rp 338.911,24.

Umumnya, penelitian untuk memperoleh biaya persediaan yang minimum dilakukan pada

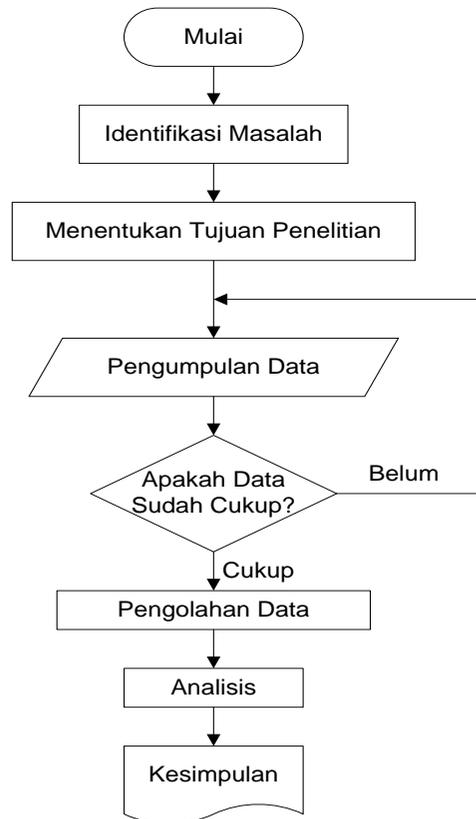
jumlah *demand* yang berubah untuk setiap periodenya, tergantung pada hasil peramalan. Pada penelitian Imelia Indriawan (2021) [6], *demand* kedelai bernilai konstan setiap periodenya. Penelitian dilakukan untuk menentukan ukuran lot pemesanan kedelai. Teknik penentuan ukuran lot yang digunakan adalah *Least Unit Cost*. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, penghematan biaya persediaan yang dapat dilakukan sebesar Rp 108.000. Akan tetapi, pada penelitian tersebut baru dilakukan penentuan ukuran lot dengan menggunakan satu teknik saja, sehingga tidak dapat membandingkan teknik mana yang memiliki biaya paling minimum. Padahal banyak sekali teknik penentuan ukuran lot yang dapat digunakan. Oleh karenanya, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah *Least Unit Cost* merupakan teknik penentuan ukuran lot terbaik yang dapat menghasilkan total biaya persediaan yang paling minimum jika dibandingkan dengan teknik penentuan ukuran lot lainnya.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui teknik penentuan ukuran lot terbaik untuk pemesanan kedelai dalam upaya meminimumkan biaya persediaan.

II. METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahap, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1.
Metodologi Penelitian

Tahap 1: Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan terhadap laporan penelitian yang ditulis oleh Imelia Indriawan (2021) [6] dengan judul Penentuan Ukuran Lot Pemesanan Kedelai di Rumah Produksi Tempe Menggunakan Metode *Least Unit Cost* (LUC). *Demand* kedelai konstan setiap periodenya, yaitu 100 kg per hari. Kapasitas penyimpanan dianggap cukup, sehingga mampu menampung berapapun kedelai yang disimpan.

Tahap 2: Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini adalah data yang didapatkan dari penelitian sebelumnya, yaitu *demand* per hari, biaya simpan dan biaya pesan.

Tahap 3: Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan delapan teknik penentuan ukuran lot berikut ini.

a. *Lot for Lot* (LFL)

Pada LFL, pesanan dijadwalkan untuk periode dimana terdapat permintaan. Jumlah bahan baku yang dipesan akan sama dengan jumlah bahan baku yang dibutuhkan. Oleh sebab itu, tidak ada barang yang disimpan [2].

b. *Economic Order Quantity* (EOQ)

EOQ merupakan model untuk pengendalian persediaan yang banyak digunakan. EOQ adalah teknik statistik yang menggunakan nilai rata – rata permintaan. EOQ dapat digunakan sebagai teknik penentuan ukuran lot ketika permintaan relatif konstan (Heizer, J., Barry R., 2014 [7]).

c. *Period Order Quantity* (POQ)

Period Order Quantity menetapkan jumlah permintaan selama periode tertentu yang akan dicakup oleh setiap pesanan. Logika POQ sama dengan EOQ. Akan tetapi, dalam POQ, EOQ dirubah menjadi satuan

periode dalam bilangan bulat. Hasilnya berupa interval pesanan tetap, bukan ukuran pesanan tetap [2].

d. *Least Unit Cost* (LUC)

Least Unit Cost menentukan biaya rata – rata per unit. Perintah *replenishment* direncanakan pada saat biaya rata – rata per unit meningkat untuk pertama kali. Periode *replenishment* dan prosedur diulang sampai ukuran lot diperoleh untuk keseluruhan waktu. Perintah *replenishment* biasanya direncanakan untuk periode pertama dengan persyaratan bernilai positif dan semua periode berikutnya dimana biaya rata-rata per periode pertama kali meningkat [2].

e. *Least Total Cost* (LTC)

Least Total Cost mencoba menyeimbangkan biaya simpan dan biaya pesan. Ukuran lot dimulai pada periode pertama, dilanjutkan pada periode berikutnya, menambahkan permintaan untuk periode tersebut pada lot jika kumulatif biaya simpan lebih kecil atau dekat dengan biaya pesan [3].

f. *Silver Meal Algorithm* (SM)

Silver Meal Algorithm merupakan biaya rata-rata per periode. Perintah *replenishment* direncanakan pada saat biaya rata-rata per periode pertama kali

meningkat. Periode *replenishment* dan prosedur diulang sampai ukuran lot diperoleh untuk seluruh horizon waktu. Perintah *replenishment* biasanya direncanakan untuk periode pertama dengan persyaratan bersih positif dan semua periode berikutnya dimana biaya rata-rata per periode pertama kali meningkat [2].

g. *Part Period Balancing* (PPB)

Prosedur PPB mencoba menyeimbangkan biaya pesan dan biaya simpan menggunakan *Economic Part Periods* (EPP). EPP adalah rasio dari biaya pesan dan biaya simpan. Prosedur PPB mengkombinasikan kebutuhan hingga jumlah *part periods* hampir mendekati nilai EPP [3].

h. *Wagner Whitin Algorithm* (WW)

Wagner Whitin Algorithm adalah pendekatan *dynamic programming* yang bisa digunakan untuk menentukan kebijakan biaya minimal yang dapat dikontrol. Algoritma ini dapat digunakan untuk memperoleh solusi optimal untuk masalah penentuan ukuran pemesanan pada horizon waktu yang tertentu [2].

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Data *demand* yang digunakan adalah *demand* kedelai konstan 100 unit per hari dengan *lead*

time satu hari. Penentuan ukuran pemesanan kedelai dihitung untuk periode tiga bulan. Biaya simpan sebesar Rp 50 per kg per hari dan biaya pesan sebesar Rp 13000 per sekali pesan.

Pengolahan data dilakukan menggunakan delapan teknik penentuan ukuran lot. Tabel 1 menunjukkan frekuensi pemesanan, jumlah kedelai yang disimpan dan biaya persediaan selama tiga bulan perencanaan.

Tabel 1
Hasil Perhitungan Lot Size

Teknik Lot Size	Frekuensi Pemesanan	Jumlah Persediaan (kg)	Total Biaya Persediaan (Rp)
LFL	88	0	1144000
EOQ	39	10128	1013400
POQ	29	9000	827000
LUC	44	4500	797000
LTC	44	4500	797000
SM	44	4500	797000
PPB	29	9000	827000
WW	43	4600	789000

Analisis dilakukan terhadap biaya persediaan untuk masing-masing teknik penentuan ukuran lot. Berdasarkan hasil pengolahan data pada Tabel 1, biaya terendah diperoleh dari pengolahan menggunakan *Wagner Whitin Algorithm* dengan total biaya persediaan sebesar Rp 789.000. Jika dibandingkan dengan total biaya persediaan awal, besarnya penghematan yang dapat dilakukan adalah Rp 332.000 atau sebesar 29,61%.

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengolahan data dan menganalisis hasilnya, diperoleh teknik penentuan ukuran lot terbaik untuk mendapatkan total biaya yang minimum yaitu *Wagner Whitin Algorithm*. Pemesanan kedelai dilakukan pada tanggal 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25 dan 27 di bulan Februari; tanggal 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29 dan 31 di bulan Maret dan tanggal 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 dan 28 di bulan April sebanyak 200 kg per sekali pesan. Penghematan biaya persediaan kedelai yang dapat dilakukan oleh perusahaan menggunakan teknik ini sebesar 29,61%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fogarty, D. W., dkk., *Production & Inventory Management*, Ohio: South-Western Publishing Co., 1991.
- [2] Tersine, R. J., *Principles of Inventory and Materials Management*, New Jersey: Prentice-Hall International, Inc., 1994.
- [3] Santoso, Rainisa M. H., *Perencanaan dan Pengendalian Produksi 1*, Bandung: Alfabeta, 2017.
- [4] Devy, B. A. R., "Penentuan Lot Size Pemesanan Bahan Baku Furniture Menggunakan Metode Dynamic Lot Sizing", 2018. Diakses tanggal 7 Maret 2021.
- [5] Monica, S., Putu Y. S., "Analisis Material Requirement Planning Produk Body Scrub Powder Pada CV. Denara Duta Mandiri", E-Jurnal Manajemen, Vol. 8, No. 5, 2019 : 2944-2972 ISSN : 2302-8912, 2019. Diakses tanggal 7 Maret 2021.
- [6] Indriawan, I., "Penentuan Ukuran Lot Pemesanan Kedelai di Rumah Produksi Tempe Menggunakan Metode Least Unit Cost (LUC)," Penelitian tidak diterbitkan. Program Sarjana STT Wastukencana, 2021.
- [7] Heizer, J., Barry R., *Operations Management Sustainability and Supply Chain Management*, United States of America: Pearson Education Limited, 2014.



INFOMATEK

Volume 23 Nomor 1 Juni 2021

PENGEMBANGAN LAYANAN APLIKASI GO-JEK DALAM MENINGKATKAN KEPUASAN PELANGGAN

Suhaila Lungsae*, M. Ruslianor Maika**

Program Studi Perbankan Syariah
Fakultas Agama Islam – Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Abstrak: Dalam penelitian ini penulis akan membahas permasalahan model bisnis berbasis ekosistem pada aplikasi Go-Jek untuk meningkatkan kepuasan dan loyalitas pelanggan. Dan pada masa terkini bahwa internet sangat mempengaruhi kehidupan masyarakat. Meningkatnya pengguna smartphone, baik Android maupun iOS, menjadikan tingkat ketergantungan masyarakat pada handphone serta internet yang tinggi. Kesempatan inilah yang mendorong para pendiri transportasi online (GO-JEK) menyediakan ojek berbasis online. Oleh karena itu menjadi permasalahan bertujuan untuk mencari dampak ekosistem layanan dengan adanya suatu aplikasi yaitu aplikasi Go-jek. Dan juga dapat mengetahui loyalitas penggunaan aplikasi Go-jek oleh mahasiswa Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Metode penelitian menggunakan penelitian kualitatif pendekatan fenomenologi, bertujuan untuk mengembangkan pemahaman yang lengkap, akurat dan jelas tentang pengalaman manusia atau momen pengalaman tertentu. Dan pendekatan fenomenologi dapat mencari pengalaman pengguna secara mendalam dalam menggunakan aplikasi Go-jek. Berdasarkan hasil penelitian ini bahwa sebanyak 75% informan, merasa puas terhadap layanan mitra Go-jek, meskipun mengalami kejadian tidak sesuai dengan standar prosedur operasional Go-jek, tetapi tetap puas dengan layanan yang diberikan. Go-food merupakan layanan terbanyak yang digunakan yaitu sebanyak 36 orang, layanan kedua yang paling banyak digunakan adalah Go-ride sebanyak 32 orang yang menggunakannya. Tingkat loyalitas pelanggan kepada mahasiswa UMSIDA cukup tinggi dengan jumlah 52% informan dalam menggunakan aplikasi Go-jek.

Kata kunci: Layanan, Go-jek, kepuasan pelanggan, TAM

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penelitian ini dilakukan karena dua peluang utama. yang pertama, yaitu Go-jek sebagai aplikasi transportasi online terbanyak yang diminati oleh masyarakat Indonesia (Hardaningtyas, 2018 [1]) dan yang kedua,

inovasi Go-jek melalui model bisnis berbasis multi layanan, yang dimaksud dengan aplikasi yang menyediakan layanan dibidang transportasi. Namun tidak hanya itu, seiring berjalannya waktu Go-jek telah melakukan inovasi dalam setiap layanan yang ditawarkan. (Muhammad Adey Romadhoni, 2020 [2]) Masyarakat saat ini sangat bergantung pada ponsel (smartphone) untuk melakukan berbagai hal, antara lain untuk mencari informasi, bermain game online, hingga

^{*)} suhaila0655@gmail.com

^{**)} mr.maika@umsida.ac.id

berbelanja. Selain itu ponsel juga dapat digunakan untuk memesan layanan jasa yang dilakukan secara online untuk memberikan kemudahan kepada masyarakat (Hardaningtyas, 2018 [1]). Pemakaian yang tinggi ini menuntut kualitas layanan unggul dan terkendali yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pelanggan (Aji & Hidayatullah, 2019 [3]).

Go-jek dapat menjadi salah satu perusahaan yang menggunakan sistem pemesanan online sebagai penghubung antara perusahaan dengan pelanggannya, penggunaan sistem online berbasis teknologi mobile ini untuk mendapatkan pelanggan baru dan meningkatkan nilai pelanggan. Dan Go-jek juga berusaha untuk membangun hubungan dengan pelanggan melalui memberikan pelayanan yang baik kepada pelanggannya (Aji & Hidayatullah, 2019 [3]).

Perusahaan Go-jek berdiri pada tahun 2012 di Jakarta, Indonesia oleh Nadiem Makarim seorang pemuda kreatif yang mempunyai pemikiran untuk membuat bisnis transportasi ojek dikarenakan kebiasaan ia sering menggunakan jasa ojek (Muhammad Adey Romadhoni, 2020 [2]). Dan Nadiem Makarim berusaha untuk menemukan ide yang dapat menciptakan sarana agar jasa transportasi ojek lebih efektif dan efisien (Setiyawan, 2013 [4]).

Pengemudi Go-jek bergerak di bidang jasa dengan menggunakan sepeda motor serta dibekali jaket, helm, smartphone sebagai alat transportasi dan juga penggunaan aplikasi dalam melakukan pemesanannya. Masyarakat sangat puas dan senang dengan adanya transportasi online seperti Go-jek, oleh karena itu akan menjadi pemesanan yang sangat mudah dengan hanya melakukan aplikasi melalui smartphone dan harganya terjangkau (Hardaningtyas, 2018 [1]).

Kemajuan teknologi di bidang transportasi telah membuat para pebisnis berlomba-lomba untuk mendapatkan inovasi-inovasi terkini dan terbukti dari fenomena di masyarakat bahwa internet saat ini sangat berpengaruh terhadap kehidupan masyarakat. Dengan meningkatnya pengguna smartphone, baik Android maupun iOS, membuat masyarakat bergantung pada handphone serta internet. Kesempatan inilah yang mendorong para pendiri Ojek Online (Go-jek) akan menghadirkan ojek berbasis online (Hardaningtyas, 2018 [1]).

Fenomena transportasi online sedang ramai dibicarakan saat ini, karena pembelian aplikasi mudah di download oleh pengguna smartphone Android dan iOS. Kemudahan tersebut membuat ojek online semakin populer di kalangan masyarakat, termasuk berbagai pilihan layanan untuk memenuhi kebutuhan

masyarakat di bidang jasa (Hardaningtyas, 2018 [1]).

Oleh karena itu, peneliti akan menghadirkan penelitian dari jenis layanan yang tersedia di dalam aplikasi Go-jek yang dapat digunakan oleh mahasiswa untuk melakukan pemesanan transportasi, makanan, dan pengiriman barang. Karena karakteristik mahasiswa pada umumnya ingin sesuatu yang instant. Maka dari itu penulis melakukan penelitian ini pada mahasiswa di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

Bagi Kajian Teori adalah sebagai berikut:

1. Internet Marketing

Internet Marketing merupakan bentuk usaha bisnis baru dalam memasarkan produk atau layanan dan menjalin komunikasi dengan konsumen melalui Internet. Perkembangan internet telah menyebabkan banyak perubahan didalam masyarakat khususnya di bidang komunikasi, bahkan perkembangan internet setiap tahun telah mendatangkan lebih banyak pengguna di seluruh dunia termasuk Indonesia. Dalam hal perkembangan bisnis internet memberikan perubahan dari segi pemasaran. Hal tersebut menjadikan persaingan semakin ketat guna meningkatkan keunggulan dan kemampuan yang lebih baik untuk dapat bersaing di industri dengan berbagai strategi pemasaran yang dilakukan (Haryanto, 2008 [5]).

2. Kepuasan Pelanggan

Kepuasan pelanggan sangat penting dalam dunia modern ini untuk menjaga loyalitas pelanggan agar pelanggan tetap setia membeli produk atau layanan. Bagi kepuasan pelanggan sebagai penilaian seseorang atas sebuah produk dalam hasil harapan dari pelanggannya. Dan kepuasan atau ketidakpuasan akan dibandingkan antara hasil yang terwujudkan terhadap hasil yang diharapkan. Apabila realisasi di bawah target yang harapan maka dapat disimpulkan bahwa pelanggan mengalami ketidakpuasan. Sebaliknya jika hasil berada memenuhi dengan harapan tersebut maka dapat disimpulkan pelanggan itu akan puas atas hasilnya (Murdianto, Rochmawati, & Perdanakusuma, 2019 [6]). Dan kepuasan pelanggan juga mencakup atas perbandingan antara ekspektasi dan efisiensi yang diperoleh. Hal tersebut terukur karena pelanggan sebagai orang yang menerima hasil pekerjaan seseorang, maka pelanggan inilah yang menentukan atas kualitas produk atau layanannya (Oliver, 2014 [7]).

3. Pemasaran

Kegiatan pemasaran memegang peranan yang sangat penting dalam dunia usaha. Oleh karena itu pemasaran menjadi salah satu kegiatan prioritas yang dilakukan perusahaan dalam rangka meningkatkan hasil serta mempertahankan keberlanjutan usaha

tersebut. Selain kegiatan pemasaran, perusahaan perlu menggabungkan fungsi dan keahliannya agar dapat berkinerja dengan baik (Hafiar et al., 2018 [8]). Dan pemasaran juga merupakan suatu kegiatan dan pengelolaan yang memungkinkan individu atau kelompok untuk memperoleh apa yang diinginkan dan dibutuhkan. Hal ini dilakukan dengan menciptakan, menawarkan, dan bertukar produk berharga dengan orang lain atau semua aktivitas yang berkaitan dengan pengiriman produk atau layanan dari produsen ke konsumen (Shinta, 2011 [9]).

4. Manajemen Pemasaran

Manajemen pemasaran sebagai suatu usaha upaya untuk perencanaan tindakan untuk mencapai tujuan organisasi secara efektif dan efisien. Dalam fungsi manajemen pemasaran terdapat aktivitas yang menganalisis yaitu analisis untuk mengetahui pasar dan lingkungan pemasaran untuk mendapatkan seberapa besar peluang perebutan pasar dan ancaman apa yang dihadapinya (Bitar, 2014 [10]).

5. Layanan

Layanan sebagai suatu tindakan atau sifat yang dapat ditawarkan oleh satu pihak kepada pihak lain yang tidak berwujud dan tidak menghasilkan kepemilikan apa pun. Dan layanan juga sebagai kunci sukses dalam bisnis apapun dalam kegiatan pelayanan.

Perannya akan semakin besar dan aktivitas layanan ini dinilai cukup ketat dalam upaya merebut pangsa pasar atau pelanggannya. Oleh karena itu, dalam lingkungan persaingan yang ketat, setiap perusahaan mampu memberikan layanan berkualitas untuk mempertahankan loyalitas anggotanya.

Dalam penelitian ini pemasaran layanan juga menyebutkan bahwa layanan akan memiliki beberapa karakteristik tersebut, seperti Komposisi produk, tempat dan waktu, proses, produk, kualitas, orangnya, promosi dan pendidikan, bukti fisik, harga dan biaya pengguna lainnya (Muhammad Adey Romadhoni, 2020 [2]).

6. Loyalitas Pelanggan

Perilaku konsumen sebagai bagian dari aktivitas manusia seringkali berubah sesuai dengan pengaruh lingkungan dan social dimana mereka berada. Namun perilaku konsumen yang diharapkan bagi suatu perusahaan adalah loyalitas, yaitu loyalitas yang berarti pelanggan terus berbelanja secara rutin. Dan bagi loyalitas pelanggan secara umum dapat didefinisikan sebagai kesetiaan terhadap produk dan layanan tertentu. Loyalitas pelanggan adalah sebagai dorongan perilaku pembelian secara berulang-ulang, dan membangun loyalitas pelanggan terhadap produk atau layanan yang dihasilkan oleh bisnis memerlukan proses pembelian berulang dengan waktu yang lama. Loyalitas

pelanggan memiliki peranan penting dalam sebuah perusahaan, mempertahankannya berarti meningkatkan kinerja keuangannya dan menjaga kelangsungan perusahaan, inilah alasan utama yang menarik dan dipertahankannya oleh mereka (Ii & Pelanggan, 2005 [11]).

1.2 Rumusan Masalah

Dengan didasari munculnya permasalahan yang telah dijelaskan diatas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana kualitas layanan yang diberikan oleh mitra Go-jek dapat menarik minat kosumen yang menggunakan jasa layanan dari Go-jek.

1.3 Tujuan Dalam Penelitian

Berdasarkan dari masalah yang ada di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas layanan yang diberikan mitra Go-jek dan multi layanan yang ada dalam aplikasi Go-jek.

II. METODOLOGI

Dalam penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode kualitatif dilakukan untuk mencari informasi tentang pengalaman mahasiswa dalam menggunakan aplikasi Transportasi online (Go-Jek) yang terkait tingkat kepuasan saat menggunakan aplikasi tersebut. Oleh karena itu peneliti akan melakukan penelitian langsung kepada mahasiswa yang menggunakan transportasi online ini.

Sedangkan yang dilakukan pada penelitian ini adalah pendekatan fenomenal bertujuan untuk mengembangkan deskripsi yang lengkap, akurat dan jelas, serta memahami pengalaman manusia atau momen spesifik dari pengalaman tersebut.

Situasi sosial terdiri dari tiga komponen utama yaitu lokasi, pelaku, dan kegiatan. Bagi fasilitas penelitian terletak di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Pelaku dalam penelitian ini adalah mahasiswa Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang menggunakan Go-Jek, sedangkan kegiatan yang diteliti adalah penggunaan aplikasi Go-Jek. Bagi jenis dan sumber data yang peneliti digunakan data perimer dan data sekunder. Data perimer ini merupakan data yang dapat diperoleh dengan melakukan wawancara secara langsung. Sedangkan data sekunder merupakan data yang peneliti dapatkan melalui jurnal. Teknik pengumpulan data peneliti akan dilakukan melalui wawancara yang tidak terstruktur. Penelitian dilakukan dengan wawancara terhadap responden tidak terstruktur untuk menggali pengalaman dan perspektif dari informan. Daftar pertanyaan yang diajukan kepada informan disusun sebelum wawancara dilaksanakan. Dalam wawancara tersebut narasumber akan membagikan semua layanan yang disediakan didalam aplikasi Go-jek. Daftar pertanyaan ini berfungsi untuk membatasi proses wawancara

agar tidak berkembang ke arah lain. Alasan khusus penentuan responden yang berasal dari Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dikarenakan jumlah mahasiswa yang banyak dan juga sebagian besar mahasiswa UMSIDA yang menggunakan aplikasi Go-jek. Jumlah responden yaitu 40 mahasiswa UMSIDA yang menggunakan aplikasi Go-Jek.

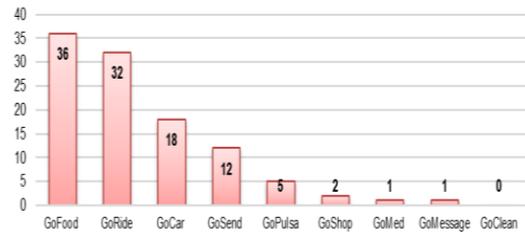
Pengolahan data kualitatif yang diperoleh dilakukan menggunakan software ATLAS.ti. Software tersebut membantu untuk memproses dalam bentuk wawancara, observasi dan dokumen lainnya baik dalam format audio maupun gambar dan akan disajikan dalam bentuk deskripsi Technology Acceptance Model (TAM) dengan menggunakan empat bentuk utama yaitu *perceived usefulness*, *perceived ease of use*, *attitude towards using technology*, *behavioral intention*.

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Hasil dari wawancara yang telah peneliti dengan dilakukan kepada 40 informan akan menunjukkan layanan yang paling banyak digunakan oleh pelanggan adalah gofood, go ride, gocar. Bagi gofood yang digunakan sebanyak 36 informan, gocar sebanyak 32 informan, dan selanjutnya gocar sebanyak 18 informan. Disini akan melihat 3 layanan ini

adalah layanan yang sering di gunakan oleh pelanggan.



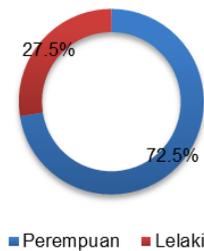
Gambar 1

Layanan aplikasi Go-jek yang sering digunakan

Selain itu pelanggan juga pernah menggunakan layanan yang tersedia di aplikasi Go-jek seperti gosend sebanyak 12 informan, gopulsa sebanyak 5 informan, goshop sebanyak 2 informan. Dan bagi layanan yang digunakan paling sedikit oleh pelanggan adalah gomed dengan gomessage kedua-duanya ini digunakan yang paling sedikit dari layanan Go-jek sebanyak 1 informan. Sedangkan layanan yang tidak pernah digunakan oleh pelanggan adalah goclean.

3.1.1. Jenis Kelamin Informan

Dari hasil wawancara dengan dilakukan oleh penulis yang berdasarkan jenis kelamin informan, disini akan dijelaskan berupa grafik sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2

Jenis Kelamin dari penggunaan aplikasi Go-jek

Gambar 2 menunjukkan bahwa jenis kelamin perempuan lebih banyak daripada kelamin lelaki sebanyak 72,5%. Kemudian jenis kelamin lelaki mempunyai sebanyak 27,5% dikarenakan Go-Jek hadir menawarkan hal yang di dambakan di seluruh lapisan masyarakat, khususnya bagi mereka yang memiliki smartphone yang sudah diintegrasikan dengan aplikasi Go-Jek. Begitu pula yang terjadi di kalangan Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Go-Jek telah menjadi trend transportasi pada saat ini di kalangan Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Go-Jek bukan saja dimanfaatkan, sebagaimana kegunaan ojek pada umumnya, melainkan di peruntukkan untuk keperluan lainnya. Dan bagi aplikasi Go-Jek juga menyediakan beberapa jasa layanan lainnya sesuai kebutuhan penggunaannya.

3.1.2. Kegiatan Informan

Dari hasil wawancara dengan dilakukan oleh penulis yang berdasarkan jenis kegiatan informan, disini akan dibuatkan menjadi 2 kategori adalah kelas perkuliahan yaitu kelas

pagi dengan kelas malam, kemudian akan dijelaskan berupa grafik sebagai berikut:



Gambar 3

Kegiatan informan dari penggunaan aplikasi Go-jek

Pada Gambar 3 dari hasil wawancara data yang penulis dilakukan akan menunjukkan bahwa kegiatan informan pada kelas pagi mengalami persentase sebanyak 57,5%. Kemudian kegiatan pada kelas malam mengalami sebanyak 42,5%. Disini juga akan melihat dengan kelas pagi lebih mendominasi dari pada kelas malam, dikarenakan kelas pagi akan dimulai kuliah dari pada jam pagi sampai waktu siang kemudian waktu istirahat mahasiswa kebanyakan mengguna layanan aplikasi Go-jek untuk pesan gofood buat makanan siang. Sedangkan kelas malam kebanyakan mahasiswa yang kerja, jadi kurang menggunakan layanan aplikasi Go-jek. Dari hasil diatas penulis akan dilakukan wawancara oleh 40 informan. Terdapat pada kegiatan perkuliahan kelas malam mengalami 20 informan yang status bekerja. Sedangkan bagi kegiatan perkuliahan kelas pagi mengalami 20 informan yang status belum kerja hanya melakukan perkuliahan saja.

3.1.3. Kualitas Layanan

Hasil dari penelitian bahwa penulis akan dilakukan mengenai pengalaman bagi penggunaan layanan aplikasi Go-jek terdapat yang pernah mengalami pelayanan yang kurang baik dari mitra pengemudi Go-jek sebanyak 40% informan. Sedangkan bagi yang belum pernah mengalami pelayanan yang kurang baik dari mitra pengemudi Go-jek sebanyak 60%. Disini akan terlihat bahwa pelanggan diatas kebanyakan belum pernah mengalami yang kurang baik dikarenakan sebagian besar informan dilayani dengan baik oleh mitra pengemudi Go-jek.

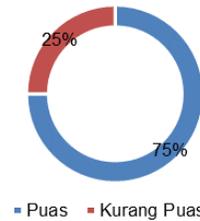


Gambar 4
Kualitas Layanan

Dari beberapa hal tersebut diatas membuat konsumen tidak puas dalam mengalami layanan aplikasi Go-jek yang diberikan oleh para mitra pengemudi. Meskipun ada yang tidak pernah mengalami yang tidak baik dapat disimpulkan bahwa standar operasional prosedur dari penyediaan jasa layanan Go-jek akan tidak diterapkan oleh semua mitra pengemudi.

3.1.4. Kepuasan Pelanggan

Gambar 5 memperlihatkan hasil survey mengenai tingkat kepuasan pelanggan.



Gambar 5
Kepuasan Pelanggan

Dari hasil di atas dalam pengolahan data primer, dapat dinyatakan bahwa informan merasa puas dalam layanan yang diberikan oleh mitra pengemudi Go-jek sebanyak 75%. Kemudian bagi informan yang kurang puas dalam layanan aplikasi Go-jek sebanyak 25%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa layanan aplikasi Go-jek pada saat terkini menjadi teknologi aplikasi online yang ditawarkan sebuah jasa transportasi yang murah, cepat dan mudah digunakan bagi konsumen.

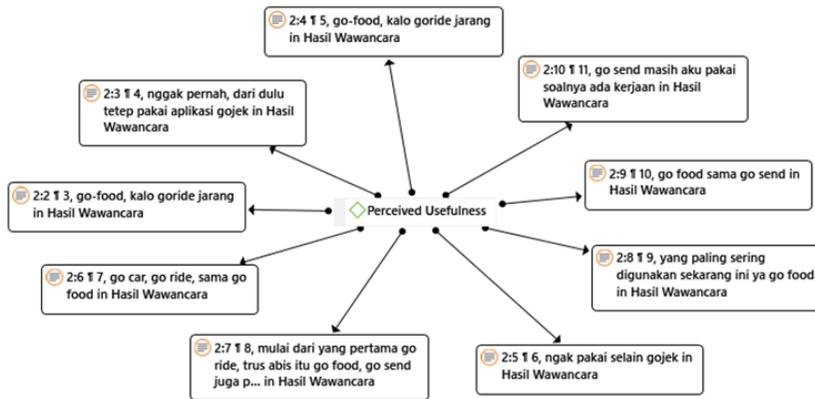
3.2. PEMBAHASAN

Hasil data wawancara 40 informan akan peneliti oleh penulis, data wawancaranya ada dalam bentuk audio salajutnya penetili akan dirubah data bentuk audio menjadi bentuk teks. Teks wawancara juga diolah menggunakan bantuan oleh software Atlas.ti.

3.2.1. Perceived Usefulness

Gambar 6 merupakan data hasil dari penulis yang dipengolahan dalam bentuk software ATLAS.ti akan menunjukkan sebuah persepsi kegunaan (perceived usefulness). Bahwa bagi

tingkat loyalitas konsumen yang menggunakan layanan aplikasi Go-jek secara aktif menjadi tergolong tinggi oleh mahasiswa Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.



Gambar 6
Hasil Network Perceived Usefulness

Mayoritas informan setia dalam menggunakan layanan aplikasi Go-jek, meskipun sudah pernah menggunakan layanan selain Go-jek. Dan membuat mayoritas menggunakan layanan aplikasi Go-jek lebih dari 2 tahun, oleh karena itu membuat mayoritas tetap menggunakan layanan aplikasi Go-jek kembali, bagi konsumen juga akan mendapat pelayanan yang terbaik dari pengemudi Go-jek.

Dari hasil wawancara dapat disimpulkan bagi informan yang menggunakan layanan aplikasi Go-jek secara aktif mempunyai persentase sebesar 52% atau lebih dari pada 20 informan

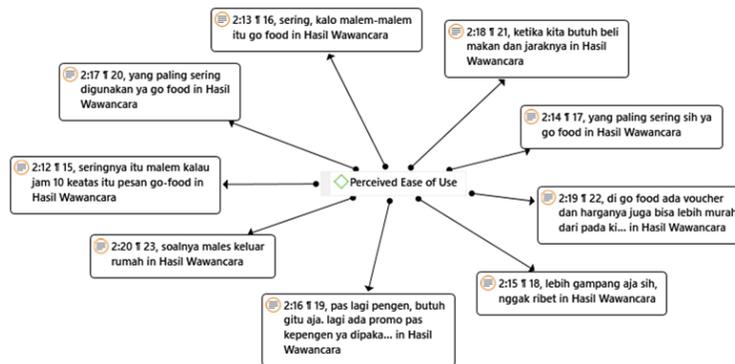
dalam menggunakan layanan aplikasi Go-jek untuk melakukan pemesanan.

Sedangkan bagi yang tidak aktif mempunyai persentase sebesar 48% dalam mengalami kegunaan layanan aplikasi Go-jek. Oleh karena itu dari hasil diatas layanan yang paling banyak digunakan bagi konsumen adalah gofood kemudian bagi layanan yang terbanyak selanjutnya adalah goride, bagi kedua-duanya layanan tersebut merupakan layanan yang paling sering digunakan oleh konsumen

3.2.2. Perceived Ease of Use

Hasil network pada Gambar 7 diolah menggunakan software ATLAS.ti menunjukkan bahwa persepsi kemudahan

pengguna (perceived ease of use) dalam layanan aplikasi Go-jek memberikan kemudahan bagi konsumen.



Gambar 7
Hasil Network Perceived Ease of Use

Transportasi online tidak hanya memberi kemudahan dalam layanan pemesanan makanan saja, namun juga menawarkan layanan gosend dan gobox untuk memberikan kemudahan dalam pengiriman barang. Layanan yang dapat dalam wawancara diatas bahwa semua layanan dalam aplikasi Go-jek akan diberi kemudahan kepada konsumen.

diwawancara oleh penulis dalam menggunakan layanan gofood. Dan layanan inilah dapat memberikan kemudahan bagi konsumen dalam pemesanan makanan, maka juga diberikan kemudahan bagi konsumen yang butuh makanan dengan jaraknya jauh, dengan hanya melakukan pemesanan dirumah ataupun dimana saja.

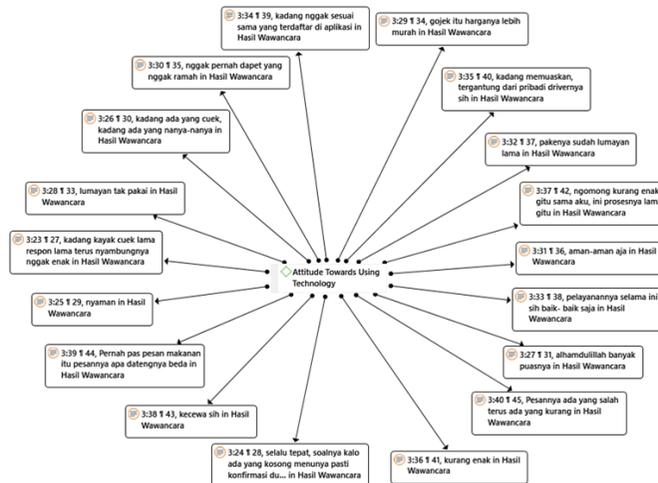
Dalam persepsi kemudahan pengguna layanan aplikasi Go-jek oleh konsumen dapat disimpulkan bahwa layanan yang paling banyak digunakan adalah gofood dikarenakan konsumen malas keluar dari rumah untuk membeli makanan, itu merupakan mayoritas alasan penting bagi konsumen yang

Pelayanan yang diberikan oleh konsumen menyatakan bahwa merasa nyaman untuk menggunakan dan juga memberi kemudahan bagi semua konsumen dalam menggunakan pelayanannya, itu adalah salah satu alasan baik dari fitur aplikasi Go-jek maupun pelayanan dari pengemudi Go-jek.

3.2.3. Attitude Towards Using Technology

Gambar 8 memperlihatkan hasil wawancara kepada responden mengenai sikap terhadap teknologi. Dari hasil wawancara ini

menunjukkan bahwa pengalaman yang didapatkan oleh konsumen dalam sikap menggunakan teknologi (*Attitude towards using technology*).



Gambar 8
Hasil Network Attitude Towards Using Technology

Pengalaman yang dapatkan dari konsumen akan memberi memuaskan setelah menggunakan aplikasi Go-jek sebagaimana para mitra pengemudi Go-jek bersikap sopan dengan konsumen, menghantar barang kepada konsumen sesuai yang terdaftar dalam layanan aplikasi Go-jek dan selalu tepat bagi menu yang kosong para mitra pengemudi Go-jek pasti konfirmasi terlebih dahulu. Kemudian bagi saat diperjalanan driver dari Go-jek sering mengajak berbincang-bincang. Oleh karena itu, pengalaman yang didapatkan diatas membuat konsumen merasa senang dan suka dalam menggunakan layanan aplikasi Go-jek.

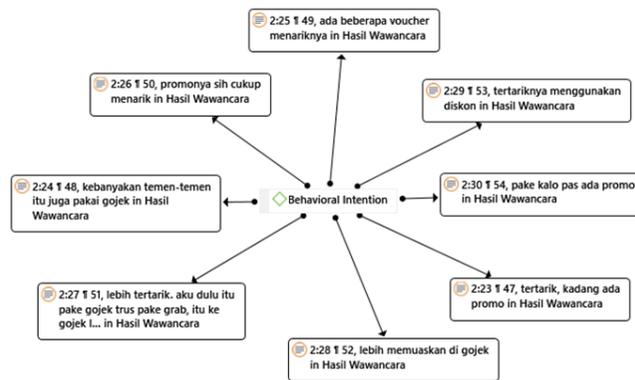
Selain mendapat pengalaman yang memuaskan diatas, maka informan juga merasa hal yang lain yaitu pengalaman yang kurang memuaskan selama menggunakan layanan aplikasi Go-jek, bagi pengalaman yang kurang memuaskan diantaranya adalah kurangnya komunikasi dan kurangnya sopan oleh para mitra pengemudi Go-jek dengan konsumen, setelah itu makanan yang dipesan tidak sesuai yang terdaftar dalam layanan aplikasi Go-jek kemudian kadang-kadang datangnya beda dari pemesanannya. Beberapa hal tersebut diatas membuat konsumen kecewa dan kurang memuaskan oleh sistem yang ada dalam layanan aplikasi

Go-jek. Dan membuat konsumen merasa dirugikan dengan kajadian tersebut.

3.2.4. Behavioral Intention

Gambar 9 memperlihatkan hasil wawancara kepada responden mengenai minat perilaku.

Pengolahan hasil wawancara tersebut menunjukkan bahwa minat perilaku (*behavioral intention*) dengan adanya teknologi.



Gambar 9
Hasil Network Behavioral Intention

Responden merasakan bagaimana kemudahan diterima oleh konsumen dalam menggunakan layanan aplikasi Go-jek. Oleh karena itu yang tertarik bagi konsumen dalam menggunakan aplikasi Go-jek adalah promosi yang ditawarkan dalam layanannya. Kadang-kadang adanya diskon dari layanan gofood. Layanan tersebut membuat konsumen tertarik dalam pemesanannya. Sedangkan kalau tidak ada promosi dari layanannya maka tidak akan tertarik oleh konsumen untuk menggunakan semua layanan yang tersedia dari Go-jek. Selanjutnya dari penelitian ini penggunaan oleh konsumen dapat lebih dari menyesuaikan kebutuhan hidup. Kemudian

bagi layanan yang tidak menyesuaikan kebutuhan hidup maka kurang digunakan oleh konsumen.

Dari hasil network di atas dapat disimpulkan bahwa konsumen dapat memuaskan dan tertarik dalam menggunakan layanan aplikasi Go-jek ketika ada promosi dari layanannya. Oleh karena itu transportasi online ini berfokus pada inovasi dibandingkan promosi seperti *cashback* dan diskon. Dengan begitu, menjadi optimasi bagi pelayanan yang lebih sering digunakan oleh konsumen.

IV. KESIMPULAN

Dalam kemajuan teknologi di bidang transportasi telah membuat para pebisnis berlomba-lomba untuk mendapatkan inovasi-inovasi pada saat ini dan terbukti dari fenomena di masyarakat bahwa internet saat ini sangat berpengaruh terhadap kehidupan masyarakat. Dengan meningkatnya pengguna smartphone, baik Android maupun iOS, akan membuat masyarakat bergantung pada handphone serta internet. Kesempatan inilah yang mendorong para pendiri transportasi online (GO-JEK) akan menghadirkan ojek berbasis online dengan namanya aplikasi Go-jek.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sebanyak 75% informan yang merasa puas terhadap layanan mitra Gojek, meskipun pernah mengalami kejadian tidak sesuai dengan standar prosedur operasional Go-jek, tetapi tetap puas dengan layanan yang diberikan. Bagi layanan yang paling banyak digunakan adalah go-food sebanyak 36 orang, layanan kedua yang paling banyak digunakan adalah Go-ride sebanyak 32 orang yang menggunakannya. Tingkat loyalitas pelanggan kepada mahasiswa Universitas Muhammadiyah Sidoarjo cukup tinggi dengan jumlah 52% informan dalam menggunakan aplikasi Gojek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hardaningtyas, R. T. (2018). Persepsi Masyarakat Terhadap Penggunaan Transportasi Online (Grab) Di Malang. *INOBIIS: Jurnal Inovasi Bisnis Dan Manajemen Indonesia*, 2(1), 42–58. <https://doi.org/10.31842/jurnal-inobis.v2i1.60>
- [2] Muhammad Adey Romadhoni. (2020). Analisis Model Bisnis Multi Layanan Pada Aplikasi Go-Jek Dalam Meningkatkan Kepuasan Pelanggan. *Osteoarthritis and Cartilage*, 28(2), 1–43. Retrieved from <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1120700020921110%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.reuma.2018.06.001%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.arth.2018.03.044%0Ahttps://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1063458420300078?token=C039B8B13922A2079230DC9AF11A333E295FCD8>
- [3] Aji, S., & Hidayatullah, A. (2019). Analisis Kepuasan Pelanggan Terhadap Kualitas Pelayanan Aplikasi Gojek Dengan Metode PIECES Framework. *Jurnal Sistem Informasi*, x, 1–7. Retrieved from <http://ojs.stmik-borneo.ac.id/index.php/J-SIm/article/view/46>
- [4] Setiyawan. (2013). GAMBARAN UMUM PT. GOJEK INDONESIA Sub. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- [5] Haryanto, E. (2008). *Edy Haryanto*,

- Teknologi Informasi dan Komunikasi: Konsep dan Perkembangannya. Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi Sebagai Media Pembelajaran.*, Andi, Yogyakarta 2008. hlm 120 1 digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib. 1–21.
- [6] Murdianto, Y., Rochmawati, R. I., & Perdanakusuma, A. R. (2019). Analisis Pengaruh Layanan Terhadap Kepuasan Pelanggan Menggunakan Metode Servqual (Studi Kasus Go-Jek Kota Malang). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(1), 603–612.
- [7] Oliver. (2014). *Kepuasan Pelanggan Kotler*. 8–25.
- [8] Hafiar, H., Lukman, S., Ardiyanto, A., Basu, S., Irawan, Mussardo, G., ... Mussardo, G. (2018). LANDASAN TEORI PEMASARAN. *Statistical Field Theor*, 53(9), 1689–1699.
- [9] Shinta, A. (2011). Manajemen Pemasaran Strategis. In *Perpustakaan Nasional: Katalog dalam Terbitan*.
- [10] Bitar. (2014). Pengertian Manajemen Pemasaran, Fungsi, Tujuan, Konsep & Contoh. Retrieved December 5, 2020, from GuruPendidikan.Com website: <https://www.gurupendidikan.co.id/manajemen-pemasaran/>
- [11] li, B. A. B., & Pelanggan, A. L. (2005). *Loyalty is defined as non random purchase expressed over time by some decision making unit*. 28–47.



INFOMATEK

Volume 23 Nomor 1 Juni 2021

SIMULASI CFD ANALISA PENAMBAHAN TEMPERATUR PADA PEMBAKARAN OXY-FUEL BOILER DENGAN BAHAN BAKAR GAS ALAM

Ihsan Budiman*, Reza Setiawan, Oleh

Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik – Universitas Singaperbangsa Karawang

Abstrak: Sumber terbesar yang menghasilkan emisi Karbon Dioksida (CO_2) dipercaya berasal dari pembangkit daya yang menggunakan bahan bakar fosil. Efek rumah kaca dan pemanasan global, merupakan dampak yang dihasilkan oleh emisi CO_2 . Berikut adalah beberapa teknologi yang berfungsi untuk menangkap CO_2 pada industri utilitas. Dalam hal ini teknologi penangkapan gas karbon diantaranya *pre-combustion*, *post-combustion*, dan *oxy-fuel combustion*. Hanya saja ada keterbatasan pengalaman dalam penggunaan *oxy-fuel* dalam pembakaran gas alam dan batu bara pada dunia industri, untuk itu digunakan metode numerik seperti *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dalam membantu menyelesaikan tantangan teknis seperti perpindahan panas didalam Boiler. Berdasarkan hasil simulasi didapat temperatur maksimum pada pembakaran konvensional sebesar 1860 *celcius* sementara pada pembakaran *oxy-fuel* sebesar 2840 *celcius*. Dengan ini maka dapat disimpulkan pembakaran *oxy-fuel* selain mengurangi emisi gas CO_2 juga menghasilkan temperatur yang lebih tinggi untuk dimanfaatkan dalam pembuatan *steam* pada Boiler.

Kata kunci: *Boiler, Computational Fluid Dynamic, Oxy-Fuel, Gas Alam*

I. PENDAHULUAN

Sumber terbesar yang menghasilkan emisi Karbon Dioksida (CO_2) dipercaya berasal dari pembangkit daya yang menggunakan bahan bakar fosil. Efek rumah kaca dan pemanasan global, merupakan dampak yang dihasilkan oleh emisi CO_2 . Dilaporkan oleh *International Energy Agency*, penggunaan bahan bakar fosil secara global mencapai 80% dari total kebutuhan energi. Sementara 40% penyebab

emisi CO_2 dihasilkan oleh pembangkit listrik, yang mana 30% nya menggunakan bahan bakar fosil. Berikut adalah beberapa teknologi yang berfungsi untuk menangkap CO_2 pada industri utilitas. Dalam hal ini teknologi penangkapan gas karbon diantaranya *pre-combustion*, *post-combustion*, dan *oxy-fuel combustion*. (Ibrahim B. Mansir [1]).

Oxy fuel combustion merupakan teknologi *carbon capture and storage* (CCS) yang muncul untuk sistem pembangkit listrik dimana bahan bakar tidak dicampur dengan udara,

^{*)} 1610631150057@student.unsika.ac.id

melainkan dengan oksigen dan campuran *recirculate flue gas* (RFG). Gas buang yang muncul nantinya akan mengandung CO₂ dan uap air yang setelah pemurnian dapat dikompresi dan dimanfaatkan, misalnya untuk meningkatkan perolehan minyak. Pada akhirnya, mengkombinasikan teknologi *oxy fuel* dengan pembakaran biomasa dapat mengurangi emisi gas buang dengan menghilangkan 800 miliar ton CO₂ dari atmosfer setiap tahunnya. Hanya saja ada keterbatasan pengalaman dalam penggunaan *oxy fuel* dalam pembakaran gas alam dan batu bara pada dunia industri, untuk itu digunakan metode numerik seperti *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dalam membantu menyelesaikan tantangan teknis seperti perpindahan panas didalam boiler. (A. Pranzitelli [2]).

CFD merupakan alat desain yang dapat digunakan untuk mempelajari boiler, seperti bidang aliran pada boiler, temperatur dan distribusi bahan kimia yang dimana akan sulit apabila dilakukan eksperimen secara langsung. CFD untuk pembakaran sudah pernah diaplikasikan pada pembakaran udara-batu bara, udara-gas alam, dan pembakaran campuran udara-gas alam-batu bara. Maka dari itu CFD digunakan untuk mempelajari efek perpindahan panas seperti konduksi, konveksi dan radiasi dalam proses pembakaran gas alam dan batu bara. [2].

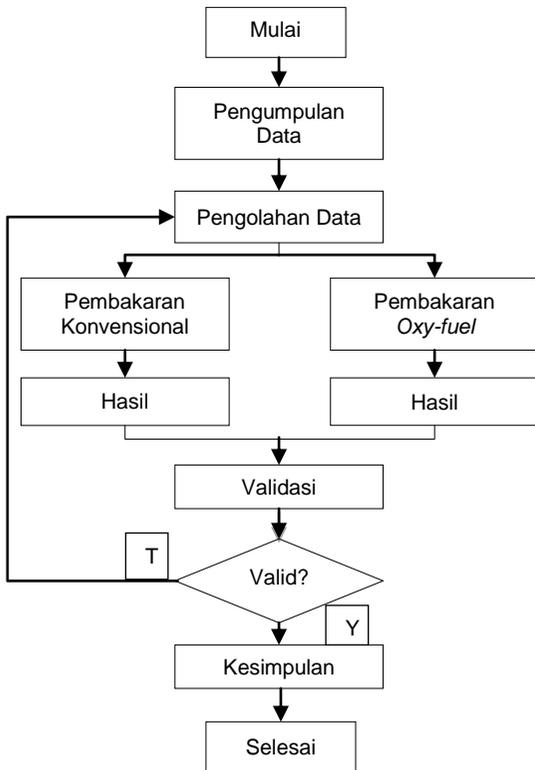
Tujuan dari simulasi ini adalah membandingkan temperatur pembakaran pada boiler yang menggunakan udara pembakaran biasa dengan pembakaran *oxy-fuel*.

II. METODOLOGI

2.1. Alur Penelitian

Sebelum memulai penelitian kita perlu mempersiapkan data-data yang dibutuhkan dalam simulasi seperti data geometri boiler, laju aliran massa bahan bakar, dan laju aliran masa udara pembakaran. Selanjutnya data yang telah dikumpulkan diolah menggunakan *software CFD (Computational Fluid Dynamics)*. Pada *software CFD* data-data tersebut diolah dan diatur sehingga menyerupai kondisi operasional boiler yang sebenarnya seperti tipe aliran (laminar/turbulen), jenis bahan bakar dan kandungannya, kandungan udara pembakaran yang mana pada pembakaran konvensional kandungan oksigen sebesar 21% sementara pada pembakaran *oxy-fuel*, oksigen pada udara pembakarannya sebesar 95% hingga 100%. Selanjutnya dilakukan verifikasi data antara data desain temperatur pembakaran dengan data hasil simulasi *CFD* untuk melihat seberapa besar *error* yang didapat. Selanjutnya didapat hasil dari temperatur pembakaran antara udara konvensional dan pembakaran *oxy-fuel sehingga* dapat dianalisa perbedaan diantara

keduanya. Diagram alir penelitian ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1
Diagram Alir Penelitian

2.2. Tahapan CFD

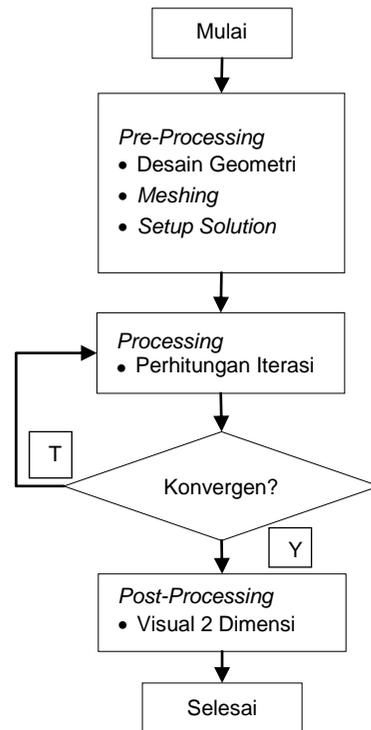
Software yang digunakan pada simulasi ini adalah *Ansys Fluent 17.0*. Terdapat beberapa tahapan untuk mendapatkan hasil simulasi diantaranya:

- Pre-processing*, yakni mendefinisikan geometri, kondisi batas, variabel yang akan dimasukkan, fenomena fisik seperti jenis aliran (laminar/turbulen), dan lain-lain.
- Processing*, hal yang perlu dipertimbangkan dalam tahap *processing*

adalah kualitas perhitungan dan lama waktu perhitungan.

- Post-processing*, pada tahap ini, hasil simulasi dapat ditampilkan dalam bentuk 1D berupa plot atau diagram, bentuk 2D berupa kontur, dan bentuk 3D berupa animasi.
- Verifikasi dan Validasi, pada tahap ini dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya pemeriksaan kode *CFD*, memeriksa konvergensi residu hasil, membandingkan hasil simulasi dengan data desain, dan lain-lain.

Gambar 2 memperlihatkan diagram alir dari CFD.



Gambar 2
Diagram Alir CFD

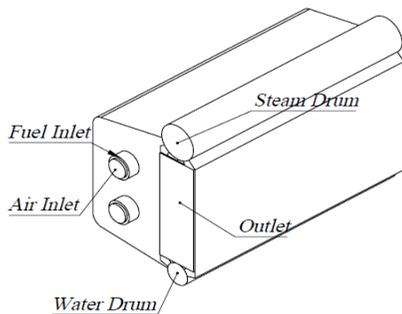
III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1. Desain Boiler

Spesifikasi boiler yang akan digunakan sebagai berikut sebagai berikut:

- a. Jenis Boiler : *Package Boiler*
- b. Tipe Boiler : *Water Tube Wall*
- c. Dimensi Utama (p×l×t): 10.698 × 5156 × 6486mm
- d. Jumlah *Burner* : 2 set

Hasil desain geometri boiler ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3
Desain *Packaged Boiler* untuk simulasi CFD

3.2. Setup Solution

Setup solution pada simulasi ini ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1
Setup solution

Model	Keterangan
<i>Energy Equation</i>	<i>On</i>
<i>Viscous (Turbulen)</i>	<i>K-ε, RNG</i>
<i>Radiation</i>	<i>On</i>
<i>Species</i>	<i>Species Transport</i>

Energy equation berfungsi untuk menggunakan algoritma *CFD* dalam perhitungan perpindahan panas pada simulasi. Sementara *K-ε Renormalization Group*, berfungsi untuk perhitungan pada jenis aliran turbulen dan berpusar. *Species Transport*, untuk menentukan jenis bahan bakar dan reaksi kimia yang terjadi.

3.3. Kondisi Batas

Kondisi batas pada simulasi ditentukan berdasarkan kondisi operasional boiler sebenarnya yang ditunjukkan oleh tabel sebagai berikut.

Tabel 2
Data Operasional

No	Lokasi	Tekanan (Pa)	Mass Flow Rate (Kg/s)	Temperatur (Celcius)
1	Inlet Udara	4952,3582	31,19722	35
2	Inlet Bahan Bakar	142196,4	1,755833	-
3	Outlet	677,640	32,9530	727,9

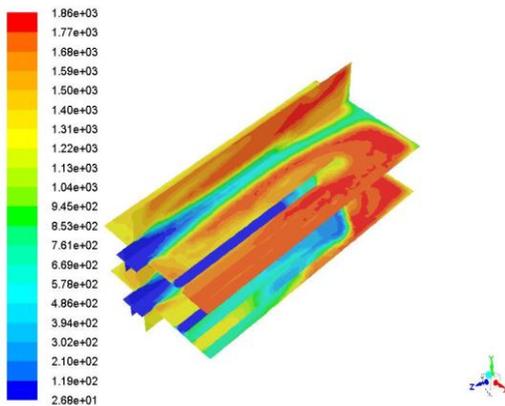
3.4. Hasil Simulasi Pembakaran konvensional

Hasil dari simulasi pada pembakaran menggunakan udara konvensional sebagai berikut.

Tabel 3
Persentase Error Pada Hasil Simulasi

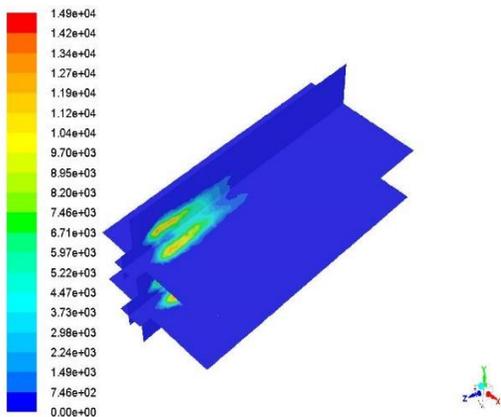
Data Desain (Celcius)	Hasil Simulasi (Celcius)	Error
1820	1860	2,15%

Untuk menampilkan kontur distribusi temperatur pada hasil simulasi, dibuatkan plane sebagai berikut.



Gambar 4
Kontur Distribusi Temperatur Pembakaran Konvensional

Pada pembakaran udara konvensional, nilai *heat reaction* maksimum berdasarkan hasil simulasi didapat sebesar 14900 watt yang ditunjukkan pada kontur sebagai berikut.



Gambar 5
Kontur *Heat Reaction* Pada Pembakaran Konvensional

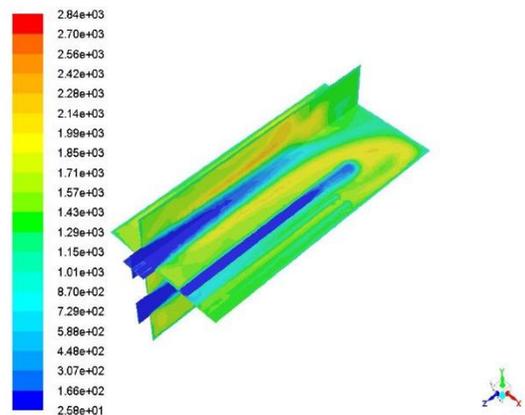
3.5. Hasil Simulasi Pembakaran *Oxy-fuel*

Perbandingan temperatur antara pembakaran konvensional dan pembakaran *oxy-fuel* ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4
Penambahan Temperatur

Konvensional (Celcius)	<i>Oxy-fuel</i> (Celcius)	Persentase Penambahan
1860	2840	34,26%

Kontur distribusi temperatur pada pembakaran *oxy-fuel* ditunjukkan oleh gambar berikut.



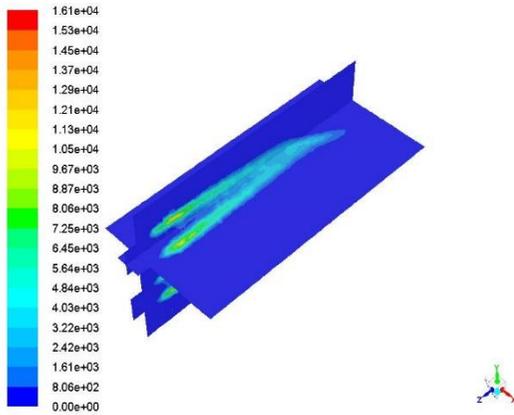
Gambar 6
Kontur Distribusi Temperatur Pembakaran *Oxy-fuel*

Perbandingan *heat reaction* pada pembakaran konvensional dan pembakaran *oxy-fuel* ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 5
Perbandingan *Heat Reaction*

Konvensional (Watt)	<i>Oxy-fuel</i> (Watt)	Persentase Penambahan
14900	16100	7,45%

Kontur *heat reaction* pada pembakaran *oxy-fuel* ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 7

Kontur *Heat Reaction* Pada Pembakaran *Oxy-fuel*

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil simulasi diatas sebagai berikut:

1. Pada simulasi pembakaran menggunakan udara biasa, temperatur maksimal sebesar 1860 Celcius, sementara pada data desain temperatur pembakaran sebesar 1820 Celcius. Dari hasil tersebut, didapat nilai *error* sebesar 2,15%.
2. Untuk pembakaran *oxy-fuel*, nilai temperatur maksimum sebesar 2840 Celcius. Dengan begitu pengaplikasian *oxy-fuel* pada pembakaran didalam Boiler

selain mengurangi emisi CO₂ juga dapat meningkatkan temperatur temperatur pembakaran sebesar 34,26%.

3. Nilai *heat reaction* pada pembakaran menggunakan udara konvensional sebesar 14900 watt dan pada pembakaran *oxy-fuel* sebesar 16100. Dengan begitu terjadi peningkatan sebesar 7,45%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ibrahim B. Mansir., Rached Ben-Mansour., Mohamed A. Habib., “ *Oxy-fuel Combustion in a Two-pass Oxygen Transport Reactor for Fire Tube Boiler Application*, 2018.
- [2] A. Pranzitelli., S. Black., J. Szuhanszki., L. Ma., P.J. Stranger., D.B. Ingham., M. Pourkashanian., “ *Effect of Firing Coal and Biomass Under Oxy-fuel Condition in a Power Plant Boiler Using CFD Modelling*, 2013.



INFOMATEK

Volume 23 Nomor 1 Juni 2021

PENENTUAN DOSIS OPTIMUM NATRIUM HIPOKLORIT PADA PROSES KLOORINASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PERUSAHAAN FARMASI

Purnomosutji Dyah Prinajati*

Program Studi Teknik Lingkungan
Universitas Sahid Jakarta

Abstrak: Perusahaan farmasi yang turut andil dalam menjaga lingkungan. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan membangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pengembangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pun terus dilakukan oleh Perusahaan Farmasi, agar selalu dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Pemerintah. Oleh Karena itu, dibangun unit klorinasi dengan menambahkan bahan kimia klorin pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada Perusahaan Farmasi. Namun, apabila penggunaan klorin pada unit klorinasi tidak tepat maka akan menimbulkan dampak bagi lingkungan. Karena hal tersebut, dilakukan penelitian penentuan dosis optimum klorin pada unit klorinasi untuk mendapatkan dosis optimum klorin dari nilai bebas klorin yang tidak melebihi baku mutu klorin bebas dalam air limbah. Penentuan konsentrasi dosis optimum klorin dilakukan dengan metode Jarrest. Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan maka ditetapkan konsentrasi dosis optimum klorin yang ditambahkan pada unit klorinasi pada Perusahaan Farmasi ini sebesar 6 mg/L.

Kata kunci: *instalasi pengolahan air limbah, jarrest, klorinasi, klorin bebas*

I. PENDAHULUAN

Industri manufaktur mengalami peningkatan produksi sebesar 4,33% berdasarkan Badan Pusat Statistik Indonesia tahun 2017. Peningkatan produksi tersebut salah satunya disebabkan oleh meningkatnya produksi pada industri farmasi. Industri farmasi merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah, baik limbah padat maupun limbah cair

(Crisnaningtyas dkk, 2016 [1]). Limbah adalah buangan yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomi. Apabila limbah yang dihasilkan dibuang ke dalam badan air tanpa proses pengolahan terlebih dahulu, maka akan menjadi sumber pencemar bagi lingkungan (Yustiani, 2016 [2]). Oleh karena itu, setiap industri harus menjaga kualitas lingkungan dari limbah yang dihasilkan dengan upaya pengelolaan lingkungan yang baik (Yustiani

^{*)} iinsoekandar@gmail.com

Pertama diterima: 16 April 2021

Direvisi: 19 April 2021

Disetujui untuk publikasi: 17 Mei 2021

dkk, 2017 [3]). Salah satu industri farmasi yang melakukan upaya pengelolaan lingkungan.

Perusahaan Farmasi ini merupakan salah satu perusahaan farmasi ternama di Indonesia yang berdiri sejak tahun 1970. Dalam kegiatan produksinya, menghasilkan limbah berupa limbah cair sebagai hasil pengolahan proses produksi serta kegiatan domestik dari industri dan kantor (Meirdana & Utomo, 2021 [4]). Perusahaan Farmasi ini telah berupaya dalam pengendalian pencemaran lingkungan, dengan membangun unit pengolahan air limbah yang dapat mengolah air limbah yang dihasilkan serta telah berupaya melakukan pemantauan terhadap kualitas dari hasil pengolahan air limbah, agar tetap memenuhi baku mutu sesuai dengan peraturan pemerintah yang berlaku, yaitu Peraturan Gubernur No.69 Tahun 2013 dan Peraturan Gubernur No.122 Tahun 2005.

Namun, pada Bulan Agustus 2016 Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia telah menetapkan baku mutu yang baru tentang air limbah domestik yang tertuang dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/ Menlhk/ Setjen/ Kum.1/ 8/ 2016. Dari parameter baku mutu air limbah domestik

yang tertuang dalam PerMen LHK No. 68 Tahun 2016 terdapat penambahan parameter kualitas air limbah bila dibandingkan dengan baku mutu yang tertuang pada Peraturan Gubernur No.122 Tahun 2005, yaitu parameter total bakteri koliform dengan nilai batas maksimum sebesar 3000 jumlah/100 ml. Kurangnya sosialisasi dari pemerintah membuat Perusahaan Farmasi ini baru mengetahui peraturan tersebut pada bulan Pebruari 2017. Sehingga pada bulan September 2016 sampai dengan Januari 2017, pengukurankualitas air limbah tidak mengacu baku mutu yang tertuang pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. Pengukuran kualitas air limbah pada bulan Pebruari 2017 baru mengacu pada baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016, namun hasil dari pengujian kualitas air limbah bulan Pebruari 2017 terdapat 1 parameter yang melebihi baku mutu yaitu parameter total bakteri koliform dengan hasil pengukuran sebesar >3000 jumlah/100 ml.

Hal ini membuat pihak perusahaan memutuskan untuk menambah unit klorinasi dengan konsentrasi larutan Natrium Hipoklorit (NaClO) sebesar 20 mg/L dan menghasilkan nilai klorin bebas sebesar 1,53 mg/L yang bila

dibandingkan dengan baku mutu klorin bebas memiliki nilai klorin bebas yang melebihi baku mutu, karena nilai baku mutu klorin bebas pada Peraturan Gubernur Nomor 69 Tahun 2013 maksimal sebesar 1 mg/L. Oleh karena itu, maka perlu dilakukannya penelitian untuk mengetahui konsentrasi klorin yang efektif untuk dibubuhkan pada IPAL dan tidak melebihi baku mutu klorin bebas.

II. METODOLOGI

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi dosis optimum penambahan klorin dari nilai klorin bebas yang terdapat pada tiap konsentrasi penelitian skala laboratorium. Penelitian ini dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah piala gelas, *magnetic stirrer*, *stopwatch*, pipet volume, pipet serologi, *spectrophotometer spectroquant nova 60*, kertas saring, kuvet, ember plastik, botol gelas steril, dan tabung reaksi. bahan- bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah air limbah *outlet* tangki sedimentasi, natrium hipoklorit 12% v/v, dan *chlorine test*.

Data yang dipergunakan dalam penyusunan laporan adalah semua data yang diperoleh

seperti data primer, data sekunder, dan data lainnya yang diperlukan. Data primer diperoleh dari hasil observasi atau pengamatan, dokumentasi, wawancara, dan pengukuran langsung yang dilakukan terhadap obyek penelitian yang berkaitan dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah.

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dengan menelaah dokumen-dokumen yang ada atau data yang tidak langsung diperoleh peneliti dari subjek penelitiannya yang menunjang data primer.

Pada penelitian ini dilakukan penelitian skala laboratorium dengan cara sebagai berikut:

1. Diambil ± 20 liter sampel air limbah *Outlet* tangki sedimentasi menggunakan ember plastik.
2. Dituangkan masing-masing sebanyak 1 liter sampel air limbah ke dalam piala gelas 1 liter.
3. Ditambahkan Natrium Hipoklorit (NaClO) ke dalam setiap piala gelas hingga menghasilkan beberapa variasi konsentrasi (0 ppm, 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, dan 20 ppm).
4. Sampel yang telah dibubuhi NaClO kemudian ditempatkan di atas *magnetic stirrer* dan diaduk selama ± 3 menit dengan kecepatan 45 rpm (rumus

perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A).

5. Setelah sampel selesai diaduk, diamkan selama \pm 1,5 jam (rumus perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A). waktu reaksi tersebut disesuaikan dengan waktu tinggal air limbah dalam IPAL PT Merck Tbk. sebelum dibuang ke perairan umum.
6. Setelah sampel didiamkan sesuai waktu yang ditentukan, saring sampel dengan menggunakan kertas saring berabu untuk memisahkan cairan bening dengan padatan tersuspensi pada sampel air limbah.
7. Sampel yang telah disaring, dipipet masing-masing sebanyak 10 ml sampel ke dalam tabung reaksi kosong berukuran 10 ml.
8. Sampel pada tabung reaksi tersebut ditambahkan 1 dosis *reagent Cl2-1* lalu homogenkan hingga merata dan tunggu untuk waktu reaksi selama 1 menit.
9. Sampel yang telah ditambahkan *reagent Cl2-1* kemudian dituangkan ke dalam kuvet ukuran 10 mm.
10. Kuvet yang telah berisi sampel dimasukkan ke dalam alat *Spectrophotometer Spectroquant NOVA 60* untuk kemudian diukur konsentrasi klorin bebas pada sampel. (tampilan pada

layar alat akan muncul nilai klorin bebas dengan satuan mg/L Cl₂)

11. Ulangi langkah 2 sampai 9 dengan rentang variasi dosis NaClO yang lebih kecil hingga didapatkan dosis optimum.
12. Lakukan pengukuran terhadap blanko sampel air limbah dengan mengulang langkah 6 sampai 9.

Teknik perhitungan data yang digunakan dalam penelitian diantaranya:

- a. Pembubuhan Klorin Tiap Variasi Konsentrasi Konsentrasi NaClO 12% v/v = 120.000 ppm (mg/L) $V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$

Keterangan:

V₁ = Volume NaClO 12% yang ditambahkan

C₁ = Konsentrasi awal NaClO 12% V₂ = Volume larutan yang dibuat dengan

konsentrasi yang diinginkan

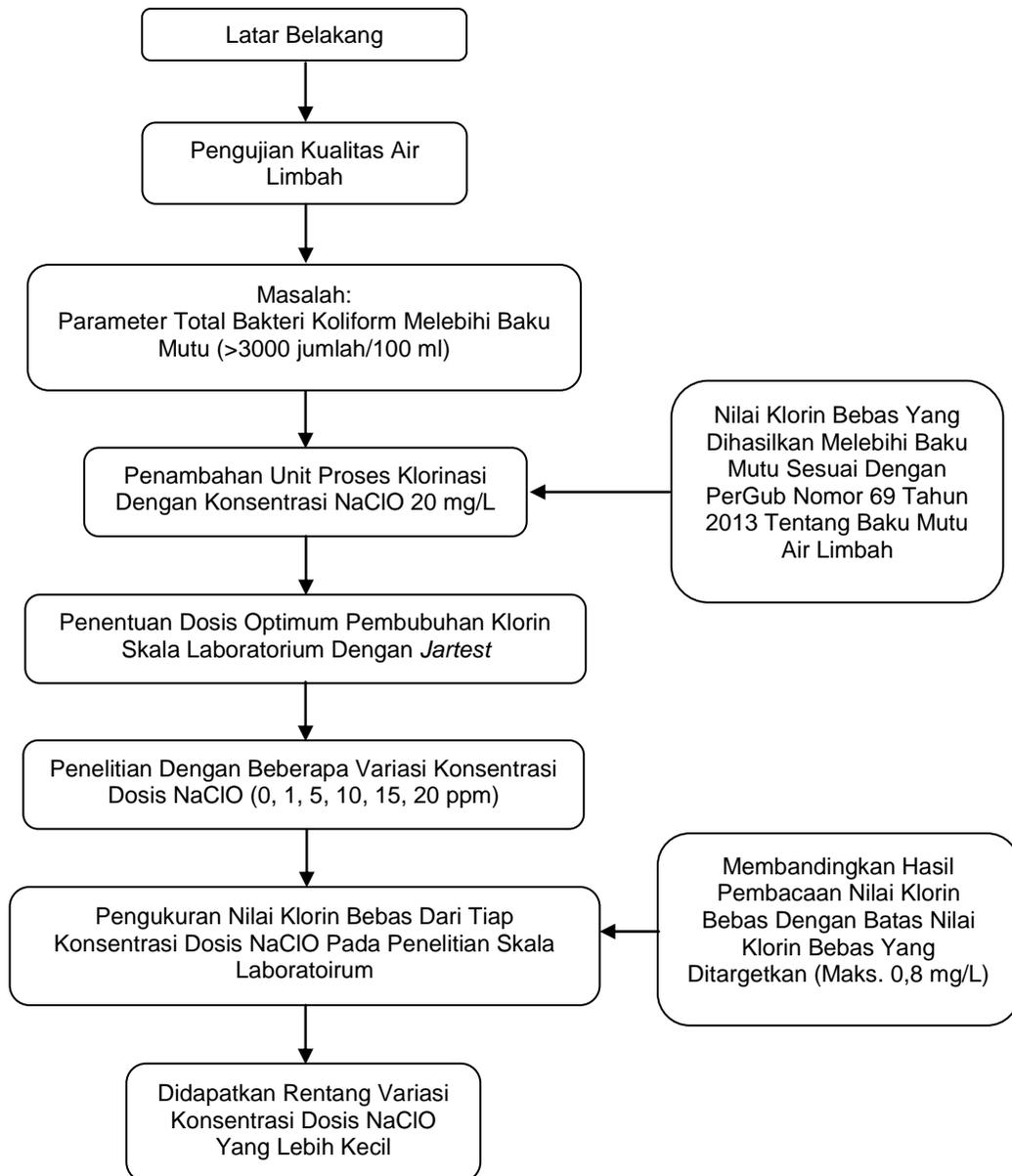
C₂ = Konsentrasi larutan yang ingin dibuat

- b. Perhitungan Jumlah Bakteri Koliform (MPN/100 ml)

$$\text{MPN Contoh} = \frac{\text{MPN}}{\text{ml atau g}} - \frac{\text{Nilai MPN Tabel}}{100} \times \text{factor pengenceran} \quad (1)$$

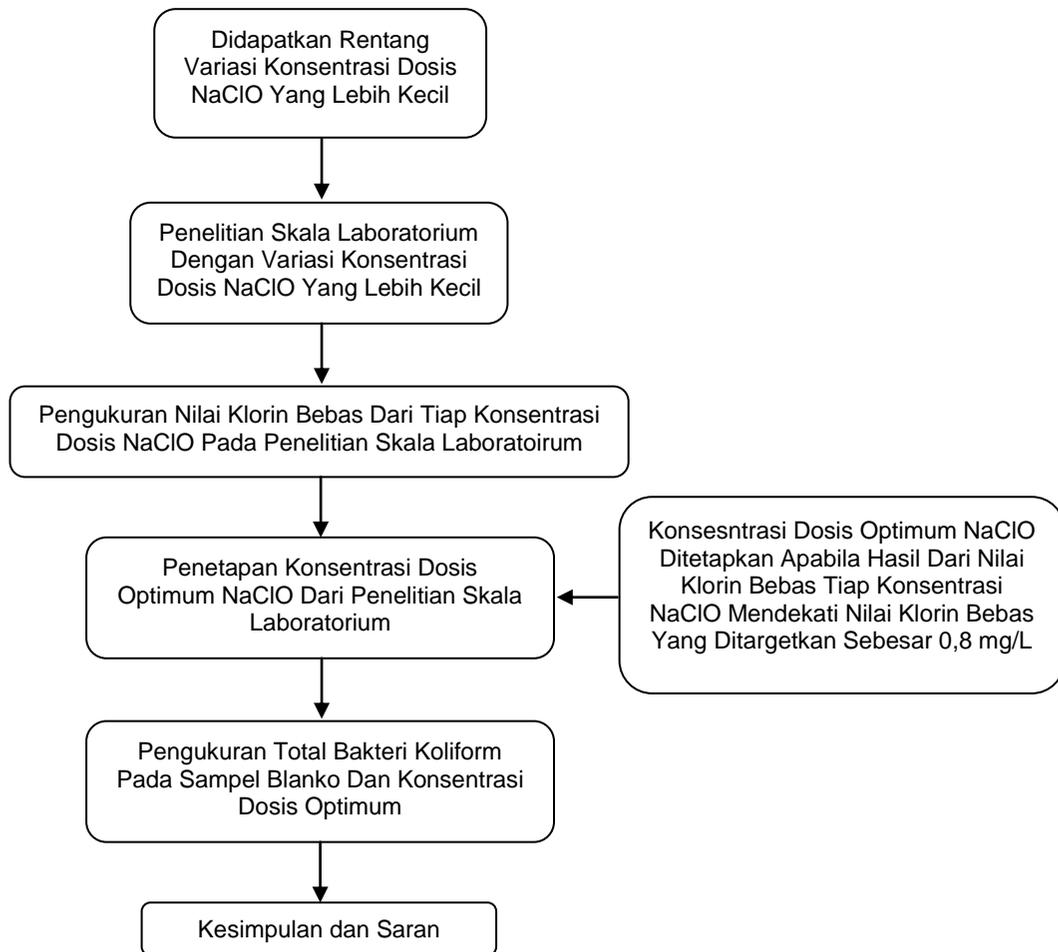
Penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap. Diagram alir tahap 1 dan tahap 2 dapat dilihat pada masing-masing Gambar 1 dan Gambar 2.

a. Tahap Pertama



Gambar 1.
Diagram Alir Kegiatan Penelitian Tahap Pertama

b. Tahap Kedua



Gambar 2.
Diagram Alir Kegiatan Penelitian Tahap Kedua

Tabel 1.

MPN Seri 3 Tabung (SNI nomor 06-4158-1996)

Jumlah tabung positif			MPN/g	Batas kepercayaan 95%	
0,1 g	0,01 g	0,001 g		Bawah	Atas
0	0	0	<3,6	-	9,5
0	0	1	3	0,15	9,6
0	1	0	3	0,15	11
0	1	1	6,1	1,2	18
0	2	0	6,2	1,2	18
0	3	0	9,4	3,6	38
1	0	0	3,6	0,17	18
1	0	1	7,2	1,3	18
1	0	2	11	3,6	38
1	1	0	7,4	1,3	20
1	1	1	11	3,6	38
1	2	0	11	3,6	42
1	2	1	15	4,5	42
1	3	0	16	4,5	42
2	0	0	9,2	1,4	38
2	0	1	14	3,6	42
2	0	2	20	4,5	42
2	1	0	15	3,7	42
2	1	1	20	4,5	42
2	1	2	27	8,7	94
2	2	0	21	4,5	42
2	2	1	28	8,7	94
2	2	2	35	8,7	94
2	3	0	29	8,7	94
2	3	1	36	8,7	94
3	0	0	23	4,6	94
3	0	1	38	8,7	110
3	0	2	64	17	180
3	1	0	43	9	180
3	1	1	75	17	200
3	1	2	120	37	420
3	1	3	160	40	420
3	2	0	93	18	420
3	2	1	150	37	420
3	2	2	210	40	430
3	2	3	290	90	1.000
3	3	0	240	42	1.000
3	3	1	460	90	2.000
3	3	2	1.100	180	4.100
3	3	3	>1.100	420	-

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Penelitian skala laboratorium dilakukan bertujuan untuk memberikan gambaran dosis klorin yang dibubuhkan pada IPAL secara efisien. Pada Penelitian yang dilakukan dibutuhkan sampel air limbah minimal 20 liter air limbah. Pada penelitian skala laboratorium dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 45 rpm selama 3 menit dan larutan didiamkan selama 1,5 jam. Lama waktu 1,5 jam berdasarkan waktu tinggal IPAL pada bak pemilahan sebelum air limbah dipompa keluar dari IPAL. Pada penelitian ini, penulis melakukan 9 hari penelitian dengan beberapa variasi dosis penambahan hingga mendapatkan konsentrasi dosis optimum pembubuhan klorin pada IPAL.

Pada penelitian ini dilakukan 2 tahap. Tahap pertama yaitu penelitian dengan beberapa variasi konsentrasi yang besar.

Tahap kedua yaitu dilakukannya penelitian dengan beberapa variasi konsentrasi NaClO dengan rentang yang lebih sempit. Dari konsentrasi dosis optimum yang ditetapkan dilakukan pengujian total bakteri koliform sebanyak satu kali pengujian untuk memastikan adanya penurunan jumlah bakteri koliform dari sampel blanko dan sampel konsentrasi dosis optimum. Pengujian total bakteri koliform dilakukan pada trial ke 1. Hasil

dari semua penelitian dituangkan dalam bentuk table dan grafik untuk dapat

menyimpulkan dosis optimum penampunan NaClO yang aman dan efesien.

Tabel.2.
Hasil Penelitian Tahap Pertama

No.	Dosis NaClO	Hasil Pengukuran Klorin Bebas (mg/L)								
		Trial 1	Trial 2	Trial 3	Trial 4	Trial 5	Trial 6	Trial 7	Trial 8	Trial 9
1.	0 ppm	0,48	0,51	0,52	0,68	0,61	0,52	0,55	0,49	0,53
2.	1 ppm	0,54	0,60	0,62	0,72	0,66	0,57	0,56	0,61	0,66
3.	5 ppm	0,73	0,77	0,69	0,93	0,79	0,88	0,73	0,75	0,71
4.	10 ppm	1,14	0,93	1,08	1,12	0,89	0,94	0,85	0,96	1,11
5.	15 ppm	1,23	1,19	1,17	1,21	1,09	1,16	0,98	1,17	1,21
6.	20 ppm	1,34	1,47	1,25	1,22	1,11	1,23	1,13	1,23	1,27

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai klorin bebas yang dihasilkan cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya penambahan konsentrasi dosis NaClO pada sampel air limbah dari setiap hasil penelitian tahap awal. Hasil penelitian tahap awal akan dijadikan dasar untuk menentukan rentang konsentrasi sampel penelitian untuk penelitian tahap kedua.

Pada penelitian skala laboratorium, penulis menetapkan batas nilai klorin bebas yang dihasilkan dengan *safety factor* sebesar 20% dari nilai baku mutu klorin bebas, dalam hal ini berarti batas nilai klorin bebas yang dihasilkan pada setiap penelitian maksimum sebesar 0,8 mg/L. Berdasarkan hasil nilai klorin bebas yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa rentang konsentrasi dosis opimum berada diantara konsentrasi 5

mg/L sampai 10 mg/L. Untuk rentang dari penelitian tahap kedua dari tiap-tiap *trial* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.
Rentang Dosis NaClO Pada Penelitian Tahap Kedua

No.	Penelitian	Dosis Penambahan NaClO (mg/L)
1.	Trial 1	3,5; 4; 4,5; 5,5; dan 6
2.	Trial 2	5; 6; 7; 8; dan 9
3.	Trial 3	5; 6; 7; 8; dan 9
4.	Trial 4	1,5; 2; 3; 3,5; dan 4,5
5.	Trial 5	5; 6; 7; 8; dan 9
6.	Trial 6	1,5; 2; 3; 3,5; dan 4,5
7.	Trial 7	5; 6; 7; 8; dan 9
8.	Trial 8	5; 6; 7; 8; dan 9
9.	Trial 9	5; 6; 7; 8; dan 9

Hasil dari *Trial* tahap kedua disajikan dalam bentuk tabel dan grafik agar memudahkan dalam pembacaan dan penentuan dosis

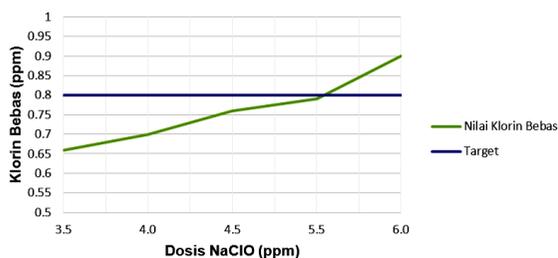
optimum NaClO. Berdasarkan hasil penelitian tahap kedua pada *Trial 1* menunjukkan bahwa nilai klorin bebas yang dihasilkan sebesar 0,79 mg/L berada pada dosis NaClO sebesar 5,5 mg/L. Dengan demikian, dosis optimum yang ditetapkan pada *Trial 1* sebesar 5,5 mg/L.

Pada *Trial 1* dilakukan pengujian total bakteri

koliform pada sampel blanko dan sampel konsentrasi dosis optimum dengan hasil jumlah bakteri koliform pada sampel blanko sebesar 3000 jumlah/100 mL, sedangkan hasil jumlah bakteri koliform pada sampel konsentrasi dosis optimum sebesar 300 jumlah/100 mL.

Tabel 4.
Hasil Penelitian Tahap Kedua dari *Trial Ke-1*

No.	Dosis NaClO (mg/L)	Nilai Klorin Bebas (mg/L)	Bakteri Koliform Pada Blanko	Bakteri Koliform Pada Konsentrasi Dosis Optimum
1.	3,5	0,66	-	-
2.	4	0,70	-	-
3.	4,5	0,76	-	-
4.	5,5	0,79	3000	300
5.	6	0,82	-	-



Gambar 3.

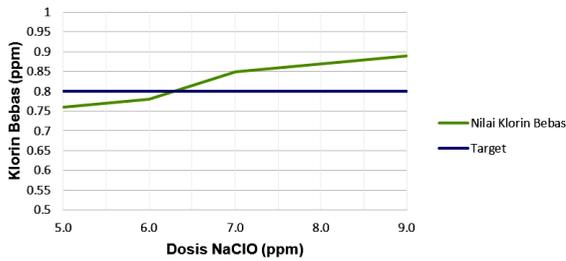
Grafik Hasil Penelitian Tahap Kedua dari *Trial Ke-1*

Berdasarkan hasil Penelitian tahap kedua pada *Trial 2* menunjukkan bahwa nilai klorin bebas yang dihasilkan sebesar 0,78 mg/L berada pada dosis NaClO sebesar 6 mg/L. Dengan demikian dosis optimum yang

ditetapkan pada *Trial 2* sebesar 6 mg/L. Di bawah ini dapat dilihat hasil penelitian tahap kedua dari *trial ke-2*.

Tabel 5.
Hasil Penelitian Tahap Kedua dari *Trial Ke-2*

No.	Dosis NaClO (mg/L)	Nilai Klorin Bebas (mg/L)
1.	5	0,76
2.	6	0,78
3.	7	0,85
4.	8	0,87
5.	9	0,89



Gambar 4.

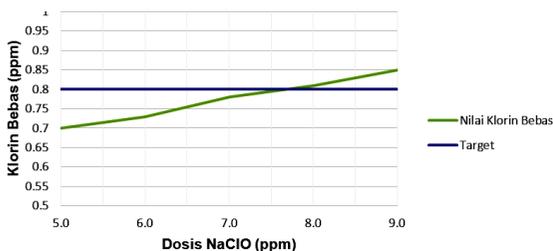
Grafik Hasil Penelitian Tahap Kedua Dari *Trial Ke-2*

Berdasarkan hasil Penelitian tahap kedua pada *Trial 3* menunjukkan bahwa nilai klorin bebas yang dihasilkan sebesar 0,78 mg/L berada pada dosis NaClO sebesar 7 mg/L. Dengan demikian, dosis optimum yang ditetapkan pada *Trial 2* sebesar 7 mg/L. Di bawah ini dapat dilihat hasil penelitian tahap kedua dari *trial ke-3*.

Tabel 6.

Hasil Penelitian Tahap Kedua dari *Trial Ke-3*

No.	Dosis NaClO (mg/L)	Nilai Klorin Bebas (mg/L)
1.	5	0,70
2.	6	0,73
3.	7	0,78
4.	8	0,81
5.	9	0,85



Gambar 5.

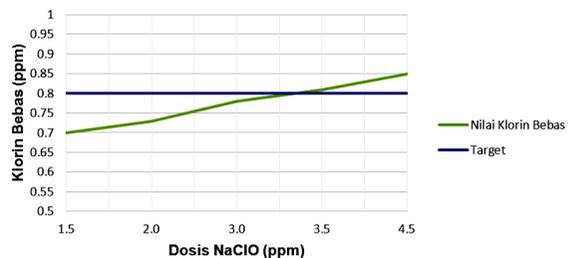
Grafik Hasil Penelitian Tahap Kedua Dari *Trial Ke-3*

Berdasarkan hasil Penelitian tahap kedua pada *Trial 4* menunjukkan bahwa nilai klorin bebas yang dihasilkan sebesar 0,74 mg/L berada pada dosis NaClO sebesar 2 mg/L. Dengan demikian, dosis optimum yang ditetapkan pada *Trial 2* sebesar 2 mg/L. Di bawah ini dapat dilihat hasil penelitian tahap kedua dari *trial ke-4*.

Tabel 7.

Hasil Penelitian Tahap Kedua dari *Trial Ke-4*

No.	Dosis NaClO (mg/L)	Nilai Klorin Bebas (mg/L)
1.	1,5	0,73
2.	2	0,74
3.	3	0,84
4.	3,5	0,85
5.	4,5	0,91



Gambar 6.

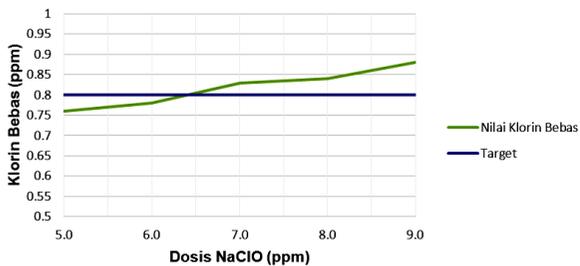
Grafik Hasil Penelitian Tahap Kedua Dari *Trial Ke-4*

Berdasarkan hasil penelitian tahap kedua pada *Trial 5* menunjukkan bahwa nilai klorin bebas yang dihasilkan sebesar 0,78 mg/L berada pada dosis NaClO sebesar 6 mg/L. Dengan demikian, dosis optimum yang ditetapkan pada *Trial 2* sebesar 6 mg/L. Di bawah ini dapat dilihat hasil penelitian tahap kedua dari *trial ke-5*.

Tabel 8.

Hasil Penelitian Tahap Kedua *Trial* Ke-5

No.	Dosis NaClO (mg/L)	Nilai Klorin Bebas (mg/L)
1.	5	0,76
2.	6	0,78
3.	7	0,83
4.	8	0,84
5.	9	0,91



Gambar 7.

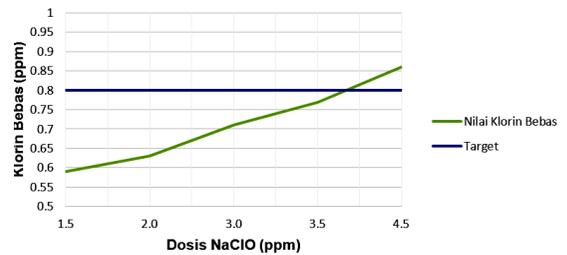
Grafik Hasil Penelitian Tahap Kedua Dari *Trial* Ke-5

Berdasarkan hasil Penelitian tahap kedua pada *Trial* 6 menunjukkan bahwa nilai klorin bebas yang dihasilkan sebesar 0,77 mg/L berada pada dosis NaClO sebesar 3,5 mg/L. Dengan demikian, dosis optimum yang ditetapkan pada *Trial* 2 sebesar 3,5 mg/L. Di bawah ini dapat dilihat hasil penelitian tahap kedua dari *trial* ke-6 .

Tabel 9.

Hasil Penelitian Tahap Kedua *Trial* Ke-6

No.	Dosis NaClO (mg/L)	Nilai Klorin Bebas (mg/L)
1.	1,5	0,59
2.	2	0,63
3.	3	0,71
4.	3,5	0,77
5.	4,5	0,86



Gambar 8.

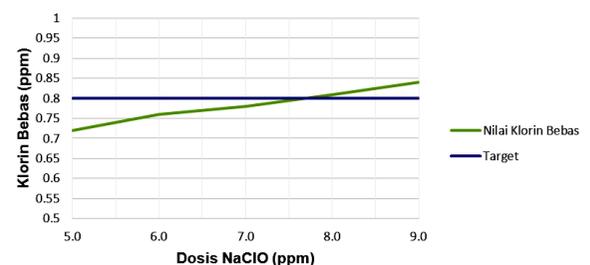
Grafik Hasil Penelitian Tahap Kedua Dari *Trial* Ke-6

Berdasarkan hasil Penelitian tahap kedua pada *Trial* 7 menunjukkan bahwa nilai klorin bebas yang dihasilkan sebesar 0,78 mg/L berada pada dosis NaClO sebesar 7 mg/L. Dengan demikian, dosis optimum yang ditetapkan pada *Trial* 2 sebesar 7 mg/L. Di bawah ini dapat dilihat hasil penelitian tahap kedua dari *trial* ke-7.

Tabel 10.

Hasil Penelitian Tahap Kedua *Trial* Ke-7

No.	Dosis NaClO (mg/L)	Nilai Klorin Bebas (mg/L)
1.	5	0,72
2.	6	0,76
3.	7	0,78
4.	8	0,81
5.	9	0,94



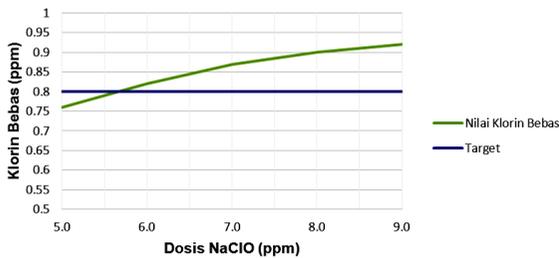
Gambar 9.

Grafik Hasil Penelitian Tahap Kedua Dari *Trial* Ke-7

Berdasarkan hasil Penelitian tahap kedua pada *Trial 8* menunjukkan bahwa nilai klorin bebas yang dihasilkan sebesar 0,76 mg/L berada pada dosis NaClO sebesar 5 mg/L. Dengan demikian, dosis optimum yang ditetapkan pada *Trial 2* sebesar 5 mg/L. Di bawah ini dapat dilihat hasil penelitian tahap kedua dari *trial ke-8*.

Tabel 11.
Hasil Penelitian Tahap Kedua *Trial Ke-8*

No.	Dosis NaClO (mg/L)	Nilai Klorin Bebas (mg/L)
1.	5	0,76
2.	6	0,82
3.	7	0,87
4.	8	0,90
5.	9	0,92



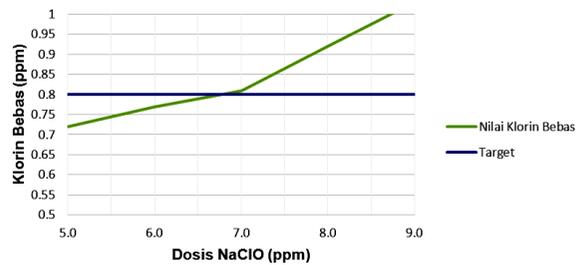
Gambar 10.

Grafik Hasil Penelitian Tahap Kedua Dari *Trial Ke-8*

Berdasarkan hasil Penelitian tahap kedua pada *Trial 9* menunjukkan bahwa nilai klorin bebas yang dihasilkan sebesar 0,77 mg/L berada pada dosis NaClO sebesar 6 mg/L. Dengan demikian, dosis optimum yang ditetapkan pada *Trial 2* sebesar 6 mg/L. Di bawah ini dapat dilihat hasil penelitian tahap kedua dari *trial ke-9*.

Tabel 12.
Hasil Penelitian Tahap Kedua *Trial Ke-9*

No.	Dosis NaClO (mg/L)	Nilai Klorin Bebas (mg/L)
1.	5	0,72
2.	6	0,77
3.	7	0,81
4.	8	0,92
5.	9	1,03



Gambar 11

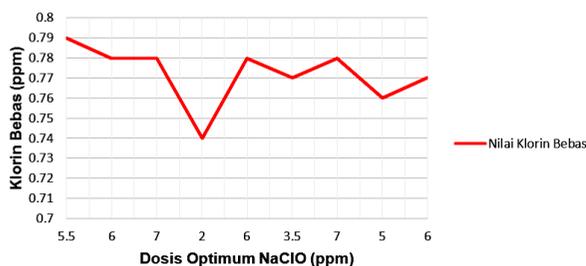
. Grafik Hasil Penelitian Tahap Kedua Dari *Trial Ke-9*

Dosis Optimum dalam penambahan Natrium Hipoklorit (NaClO) ke IPAL PT Merck Tbk. dapat ditentukan dari hasil Penelitian skala laboratorium dengan metode *Jartest*. Dari penjelasan sebelumnya tentang hasil Penelitian tahap kedua dapat ditarik kesimpulan dosis optimum dari masing-masing *Trial*. Nilai dosis optimum yang akan diambil adalah konsentrasi penambahan NaClO terbesar yang menghasilkan nilai klorin bebas kurang dari sama dengan 0,8 mg/L. Penetapan nilai klorin bebas sebesar 0,8 mg/L merupakan target penelitian sebagai *safety factor* terhadap sistem dengan baku mutu klorin bebas yang berlaku. Hasil konsentrasi dosis optimum dari masing-masing *Trial* terlihat hasil yang variatif. Hal tersebut dapat

terjadi dikarenakan kualitas dan kuantitas air limbah yang masuk ke sistem IPAL berbeda-beda tiap harinya, sehingga konsentrasi dosis optimum yang dihasilkan berbeda-beda.

Tabel 13.
Konsentrasi Dosis Optimum Tiap Penelitian Tahap Kedua

No.	Dosis Optimum NaClO (mg/L)	Nilai Klorin Bebas (mg/L)
1.	5,5	0,79
2.	6	0,78
3.	7	0,78
4.	2	0,74
5.	6	0,78
6.	3,5	0,77
7.	7	0,78
8.	5	0,76
9.	6	0,77



Gambar 12.
Grafik Dosis Optimum Dari Tiap Penelitian Tahap Kedua

Tabel 14.

Hasil *Software SPSS*

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimated
0,789	0,623	0,569	0,00972

Dari konsentrasi dosis optimum dan nilai klorin bebas yang didapat, kemudian dilakukan analisa statistik dengan program *SPSS* dengan

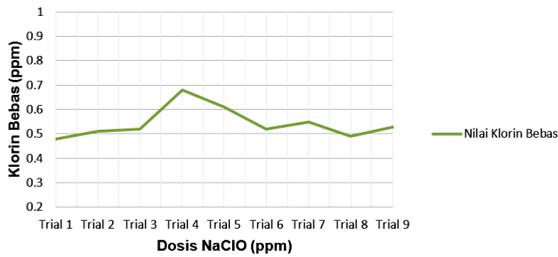
hasil seperti pada Tabel 14 diatas. Dari hasil analisa statistik yang dilakukan, didapat nilai regresi (R) sebesar 0,789. Hal ini dapat diartikan bahwa hubungan kedua variabel antara dosis klorin dengan klorin bebas bersifat kuat yang berarti terdapat hubungan yang kuat dengan kenaikan dosis klorin.

Bila ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) dari hasil analisa statistik yang dilakukan memiliki nilai sebesar 62,3%, artinya presentase pengaruh dosis klorin terhadap nilai klorin bebas sebesar 62,3% dan 37,7% nya dipengaruhi oleh faktor lain. Faktor lain yang mempengaruhi nilai klorin bebas yaitu karakteristik dari air limbah itu sendiri. Hal ini terbukti dari hasil nilai klorin pada penelitian tahap awal yang dilakukan, dimana pada penelitian tahap awal untuk konsentrasi 0 mg/L (sampel blanko) sudah memiliki nilai klorin bebas yang berkisar antara 0,41 mg/L sampai 0,68 mg/L. Pada Tabel 15 disajikan nilai klorin bebas pada konsentrasi 0 mg/L dari penelitian tahap awal.

Tabel 15.

Nilai Klorin Bebas Pada Konsentrasi 0 mg/L

No.	Penelitian	Nilai Klorin Bebas (mg/L)
1.	<i>Trial 1</i>	0,48
2.	<i>Trial 2</i>	0,51
3.	<i>Trial 3</i>	0,52
4.	<i>Trial 4</i>	0,68
5.	<i>Trial 5</i>	0,61
6.	<i>Trial 6</i>	0,52
7.	<i>Trial 7</i>	0,55
8.	<i>Trial 8</i>	0,49
9.	<i>Trial 9</i>	0,53



Gambar 13.

Grafik Nilai Klorin Bebas Pada Konsentrasi 0 mg/L

Berdasarkan nilai dosis optimum dari masing-masing penelitian seperti pada tabel 15, dapat ditarik kesimpulan untuk konsentrasi dosis optimum yang akan digunakan sebagai pembubuhan Natrium Hipoklorit (NaClO) pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Adalah 6 mg/L. Pemilihan konsentrasi klorin 6 mg/L sebagai dosis optimum karena pada dosis tersebut merupakan nilai yang sering muncul untuk ditentukan dosis optimum pada penelitian tahap kedua yang telah dilakukan.

Tahap kedua lainnya terdapat pula konsentrasi dosis optimum yang ditetapkan kurang dari 6 mg/L pada *trial* ke-4 dan ke-6 yaitu pada konsentrasi 2 mg/L dan 3,5 mg/L. Pada konsentrasi tersebut tidak penulis tetapkan sebagai simpulan akhir dosis optimum karena kualitas air limbah yang diolah bervariasi tiap harinya, sehingga bila ditetapkan konsentrasi dosis optimum penelitian pada 2 mg/L ditakutkan masih

belum dapat menurunkan bakteri koliform karena selain klorin bereaksi dengan mikroorganisme, klorin juga dapat bereaksi dengan zat organik dan zat anorganik lainnya.

Tabel 16.

Nilai Klorin Bebas Pada Konsentrasi 6 mg/L

No.	Penelitian	Nilai Klorin Bebas (mg/L)
1.	<i>Trial 1</i>	0,82
2.	<i>Trial 2</i>	0,78
3.	<i>Trial 3</i>	0,73
4.	<i>Trial 4</i>	-
5.	<i>Trial 5</i>	0,78
6.	<i>Trial 6</i>	-
7.	<i>Trial 7</i>	0,76
8.	<i>Trial 8</i>	0,82
9.	<i>Trial 9</i>	0,77

Berdasarkan nilai klorin bebas yang dihasilkan pada konsentrasi NaClO sebesar 6 mg/L seperti pada tabel 16, menunjukkan bahwa nilai klorin bebas yang dihasilkan berkisar antara 0,73 mg/L sampai 0,82 mg/L. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa konsentrasi dosis optimum yang ditetapkan penulis sebesar 6 mg/L masih menghasilkan rentang nilai klorin bebas yang sesuai dengan target peneliti. Namun, pada penelitian ke-4 dan ke-6 hanya dilakukan penelitian tahap kedua sampai pada konsentrasi dosis klorin 4,5 mg/L saja karena saat penelitian tahap

pertama pada konsentrasi 5 mg/L sudah menghasilkan nilai klorin bebas yang melebihi target penulis. Hal tersebut terjadi karena sampel air limbah yang diuji pada saat penelitian ke-4 dan ke-6 dalam kondisi tidak berwarna. Karena pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mohamadreza Massoudinejad didapat hasil bahwa terdapat hubungan antara warna dengan konsentrasi penambahan klorin. Mohamadreza Massoudinejad pada tahun 2015 melakukan penelitian penghilangan warna dan COD pada industri tekstil dengan hipoklorit.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari penelitian skala laboratorium yang dilakukan untuk menentukan dosis optimum dalam penambahan Natrium Hipoklorit (NaClO) pada IPAL dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari penelitian skala laboratorium yang telah dilakukan terdapat dosis optimum yang bervariasi pada tiap penelitiannya. Hal ini dikarenakan kualitas dan kuantitas air limbah yang masuk ke sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah Perusahaan/Industri Farmasi. bervariasi tiap harinya.
2. Dosis optimum yang didapat dari penelitian skala laboratorium adalah sebesar 6 mg/L dan dapat menurunkan

jumlah bakteri koliform menjadi 300 jumlah/100 mL.

3. Hasil analisa statistik dengan *Software SPSS* yang menghubungkan antara dosis klorin yang ditambahkan dengan nilai klorin bebas yang dihasilkan memiliki nilai sebesar 0,789 yang berarti terdapat hubungan yang kuat antara bertambahnya dosis klorin dengan meningkatnya pula nilai klorin bebas yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Crisnaningtyas, F., Vistanty, H. 2016. Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi Formulasi dengan Metode Anaerob-Koagulasi, *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, Vol. 7 No. 1, pp. 13-22.
- [2] Yustiani, Y.M. 2016. Determination of Deoxygenation Rate of Rivers Located in the Urban Areas to Characterize the Pollutants, *Pollution Research*, 35 (3), pp. 475-481.
- [3] Yustiani, Y.M., Lidya, L., Matsumoto, T. Rachman, I., Komariah, I. 2017. Formulation of the Integrated Information System of River Water Quality in the Cikapundung River, Bandung, Indonesia, *International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 9 (1), pp. 137-142.

[4] Meirdana, S., Utomo, S. 2021. Studi kasus evaluasi penataan aspek pengolahan limbah cair industri farmasi. Jurnal

Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan, *Journal of Environmental Sustainability Management*, Vol. 4(3), pp. 592-603.



INFOMATEK

Volume 23 Nomor 1 Juni 2021

PENGARUH BODY MASS INDEX DAN LINGKUNGAN FISIK KERJA TERHADAP KONSENTRASI MAHASISWA DI RUANG BELAJAR FTM. UNJANI BANDUNG

Resfi Siti Mulyasari, Hermita Dyah Puspita*

Jurusan Teknik Industri – Fakultas Teknologi Manufaktur
Universitas Jenderal Achmad Yani

Abstrak: Belajar merupakan salah satu aktivitas manusia yang membutuhkan konsentrasi. Konsentrasi yang baik berhubungan dengan respon yang dihasilkan secara cepat dan benar. Tingkat konsentrasi seseorang dapat diukur dengan menggunakan uji stroop (*Stroop Test*). Faktor yang mempengaruhi konsentrasi dapat dibagi dalam dua faktor, yaitu faktor individual dan faktor situasional. Faktor individual adalah faktor yang sudah melekat dan sudah ada pada diri masing-masing individu seperti indeks massa tubuh (*Body Mass Index*). Sedangkan faktor situasional adalah faktor dari luar yang dapat diubah dan dapat diatur seperti lingkungan fisik kerja (temperatur, kebisingan dan pencahayaan). Lingkungan fisik kerja yang baik akan memberikan pengaruh besar terhadap kinerja mahasiswa. Oleh karena itu, perancangan lingkungan fisik kerja sangat diperlukan. Pada penelitian ini, eksperimen dilakukan di *Climate Chamber Lab*. Sistem Kerja & Ergonomi, Universitas Jenderal Achmad Yani. Penelitian ini menggunakan metode Desain Faktorial dengan empat variabel *independent*, yaitu temperatur, kebisingan, pencahayaan dan BMI (body mass index). Setiap faktor memiliki tiga level/tarif dengan variabel responnya adalah *Reaction Time for Correct Answer* (RTCA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh temperatur, kebisingan, pencahayaan dan BMI (body mass index) terhadap konsentrasi mahasiswa. Dan kondisi optimum lingkungan fisik kerja untuk meningkatkan konsentrasi adalah temperatur 18°C - 24°C, kebisingan 30 – 40 dB dan pencahayaan 180 lux – 250 lux.

Kata kunci: *Body Mass Index*, Lingkungan Fisik, *Reaction Time for Correct Answer* (RTCA), Uji Stroop, Desain Faktorial

I. PENDAHULUAN

Salah satu kegiatan yang tidak dapat terlepas dari kehidupan manusia adalah belajar. Belajar menjadi lebih efektif jika dilakukan dengan konsentrasi. Hal yang mempengaruhi keberhasilan kerja manusia yaitu faktor individual dan faktor situasional. Faktor yang pertama merupakan hal yang melekat dan

sudah ada pada diri individu yang tidak bisa diubah. Sedangkan faktor situasional berasal dari luar individu yang dapat diubah serta dapat diatur (Puspita, H.D, 2018 [1]). Salah satu contoh dari faktor individual adalah indeks massa tubuh (*Body Mass Index*) individu. Faktor lingkungan merupakan faktor situasional yang dapat dikendalikan, seperti kebisingan, pencahayaan, suhu, kelembapan, sirkulasi udara, getaran mekanik, warna dan bau.

* hermita.dp@lecture.unjani.ac.id

Lingkungan fisik kerja adalah semua keadaan berbentuk fisik yang terdapat disekitar manusia yang dapat mempengaruhi manusia secara langsung maupun secara tidak langsung (Sedarmayanti, 2009 [2]). Temperatur yang baik di ruang belajar dapat memberikan produktivitas yang tinggi adalah pada temperatur 24°C–27°C (Wignjosoebroto, 2008 [3]).

Konsentrasi merupakan kondisi memusatkan perhatian pada aktivitas agar dapat memperoleh hasil yang optimal (Wahyuni, 2019 [4]). Penelitian tentang pengukuran konsentrasi pernah dilaksanakan menggunakan metode uji stroop dalam kajian sebuah di institusi pendidikan militer.

Selain itu diperoleh pula bahwa peserta didik kurang berkonsentrasi dalam belajar yang diakibatkan oleh adanya perbedaan kegiatan per harinya, “perlakuan” pengasuh yang berbeda saat pelaksanaan istirahat malam, dan aktivitas antar tingkat serta departemen pada peserta didik dalam suatu institusi (Soetisna & Tania, 2016 [5]).

Dalam mengikuti kegiatan pembelajaran, motivasi dan konsentrasi sangat penting dimiliki oleh peserta didik. Penelitian menunjukkan bahwa jika dua hal tersebut meningkat, maka hasil pendidikan akan semakin baik (Winata, 2021, [6]).

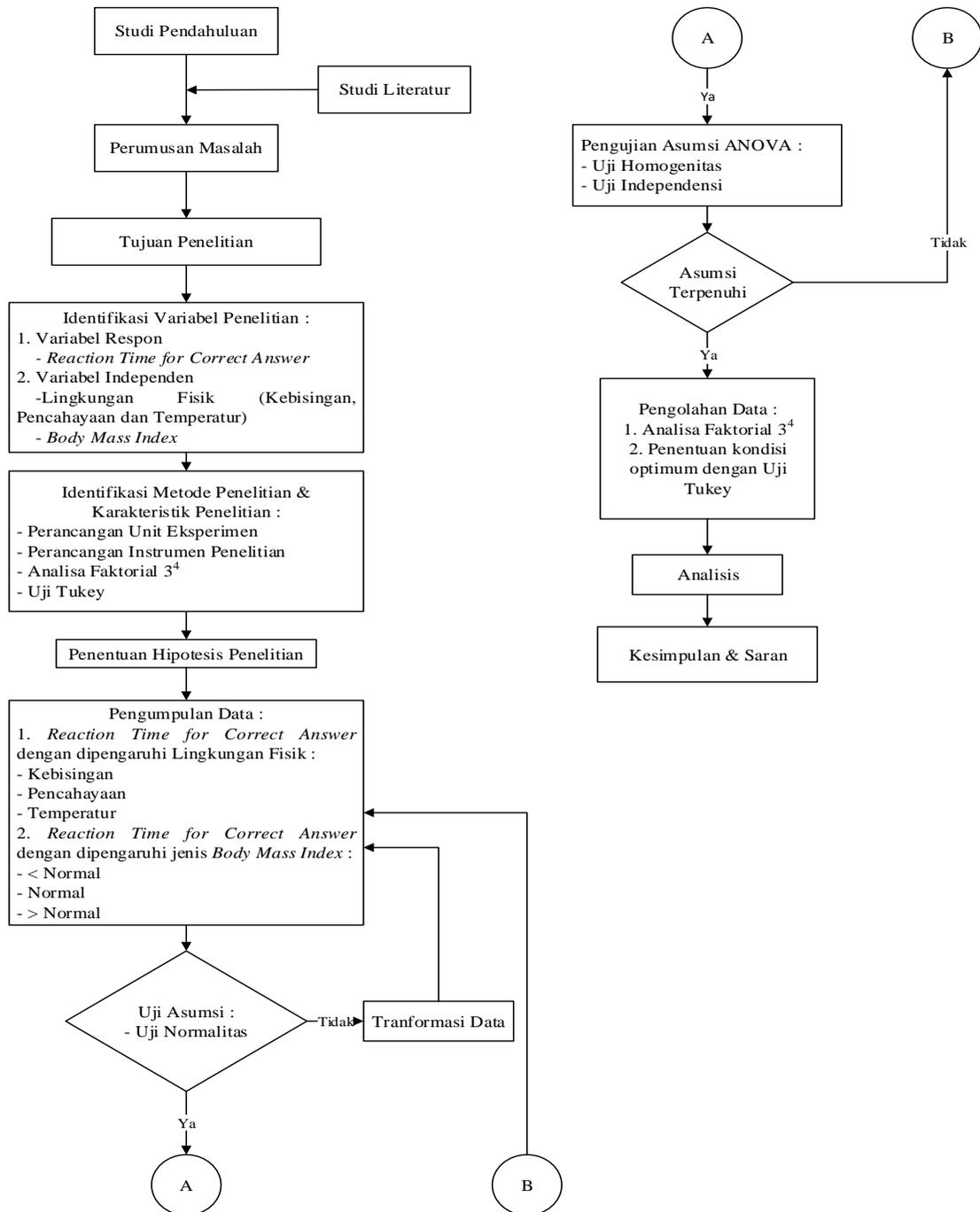
Dalam jurnal penelitian yang dilakukan oleh Puspita, dijelaskan bahwa jenis kelamin serta intensitas cahaya merupakan dua hal yang berpengaruh signifikan pada waktu penyelesaian pekerjaan [1].

Berdasarkan beberapa jurnal mengenai tingkat konsentrasi dan lingkungan fisik di atas, belum adanya penelitian yang menjelaskan bahwa konsentrasi dipengaruhi oleh *body mass index* dan lingkungan fisik kerja. Oleh karena itu, penelitian difokuskan untuk mendapatkan informasi apakah lingkungan fisik dan *body mass index* berpengaruh terhadap konsentrasi mahasiswa di ruang belajar serta menentukan berapa setting optimum lingkungan fisik pada ruang belajar FTM. UNJANI Bandung.

II. METODOLOGI

Tahapan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah dengan menggunakan analisa faktorial 3^4 . Percobaan faktorial empat faktor adalah suatu percobaan yang terdiri dari empat faktor yang masing-masing faktor terdiri dari dua taraf atau lebih.

Tahapan penelitian digunakan agar proses penelitian dapat dilakukan dengan runut dan tertuntun serta mencapai tujuan dengan baik. Secara garis besar tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1
Skema Metodologi Penelitian.

Tabel 1 memperlihatkan mengenai karakteristik dari penelitian ini.

Tabel 1
Karakteristik Penelitian

Karakteristik	Keterangan
Unit Eksperimen	Mahasiswa (Responden)
Faktor	Temperatur
	Kebisingan
	Pencahayaan
Level	<i>Body Mass Index</i>
	Temperatur 1 18°C
	Temperatur 2 24°C
	Temperatur 3 29°C
	Kebisingan 1 50 lux
	Kebisingan 2 130 lux
	Kebisingan 3 250 lux
	Pencahayaan 1 30 dB
	Pencahayaan 2 60 dB
	Pencahayaan 3 80 dB
	<i>Body Mass Index < Normal</i>
	<i>Body Mass Index Normal</i>
	<i>Body Mass Index > Normal</i>
Variabel Respon	<i>Reaction Time for Correct Answer (RTCA)</i>
Alat Ukur	<i>Sound Level Meter</i> (untuk mengukur tingkat kebisingan)
	AC (untuk mengukur tingkat temperatur)
	<i>Lux Meter</i> (untuk mengukur tingkat pencahayaan)
	Laptop (alat untuk mengerjakan soal uji Stroop)
	<i>Stroop Test Software</i> (untuk mengukur tingkat konsentrasi)
Replikasi	2 kali untuk masing-masing responden
Metode Eksperimen	Desain Faktorial 3 ⁴ -> jumlah data 486 data

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Asumsi

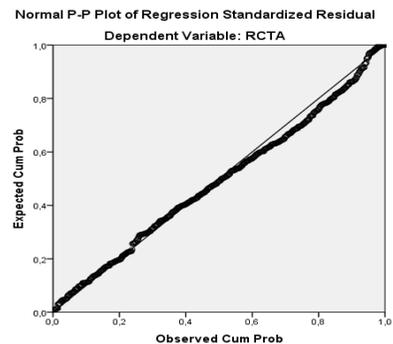
Sebelum dilakukan uji desain faktorial, maka data perlu dilakukan uji asumsi terlebih dahulu karena uji asumsi merupakan syarat dalam

desain faktorial. Uji asumsi yang harus dipenuhi adalah uji distribusi normal, uji homogenitas dan uji independensi.

1. Uji Normalitas

H0 : Residual data berdistribusi normal

H1 : Residual data tidak berdistribusi normal



Gambar 2.
Uji Normalitas

Berdasarkan uji normalitas dengan menggunakan plot probabilitas dari sisaan dapat dilihat bahwa data (titik-titik) menyebar disekitar diagonal dan mengikuti arah garis hal tersebut menunjukkan bahwa residual data berdistribusi normal.

2. Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah varians skor yang diukur pada sampel memiliki varians yang sama atau tidak.

Ho : Variansi pada tiap kelompok sama (homogen)

H1 : Variansi pada tiap kelompok paling tidak satu kelompok populasi yang variansinya tidak sama.

Tabel 2.
Uji Homogenitas

Levene's Test of Equality of Error Variances ^a				
Dependent Variable	F	df1	df2	Sig.
	1,736	80	405	,000

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

Berdasarkan uji homogenitas dengan Levene Statistics diperoleh nilai Asymp.Sig (2tailed) $0,000 \leq 0,05$. Maka dapat disimpulkan variansi pada tiap kelompok tidak sama (tidak homogen).

Homogenitas merupakan salah satu syarat dalam uji ANOVA (analysis of variance), namun homogenitas bukan merupakan syarat mutlak artinya walaupun variansi tidak sama atau tidak homogen, penelitian masih dapat dilanjutkan dengan catatan sampel yang digunakan seimbang. Tetapi jika sampel tidak seimbang maka homogenitas menjadi syarat mutlak untuk pengujian ANOVA (analysis of variance). Pada penelitian ini, sampel yang digunakan seimbang. Jumlah setiap pengulangan berjumlah sama dan level dari setiap faktor berjumlah sama.

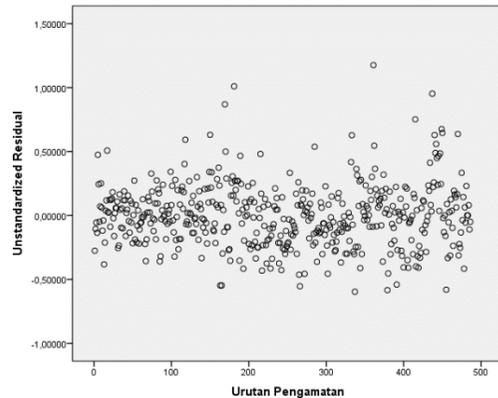
3. Uji Independensi

Uji independensi digunakan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan (asosiasi) dari itu hipotesis untuk uji independensi adalah :

H0 : Data antar variabel independen

H1 : Data antar variabel tidak independen antara dua faktor yang masing-masing

memiliki skala pengukuran paling tinggi ordinal.



Gambar 3.
Uji Independensi

Berdasarkan uji independensi dengan menggunakan Scatter Plot dapat dilihat bahwa titik-titik data menyebar diatas dan dibawah, sehingga dapat disimpulkan bahwa data antar kelompok independen.

3.2. Desain Faktorial

Rancangan faktorial ini ditujukan untuk mengkaji interaksi antara faktor yang diuji. Hasil berupa gejala dan respon akibat faktor yang diperlakukan merupakan hal yang diamati. Hipotesa untuk uji analisa faktorial adalah :

H0 : Faktor tidak berpengaruh terhadap waktu reaksi dalam menjawab soal dengan benar.

H1 : Faktor berpengaruh terhadap waktu reaksi dalam menjawab soal dengan benar.

Tabel 3.

Test of Between-Subjects Effect

Dependent Variable: Reaction Time for Correct Answer

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	14,607 ^a	80	,183	3,551	,000
Intercept	1367,825	1	1367,825	26601,523	,000
Temperatur	2,269	2	1,135	22,068	,000
Kebisingan	4,706	2	2,353	45,757	,000
Pencahayaan	,575	2	,288	5,593	,004
BMI	,586	2	,293	5,700	,004
Temperatur * Kebisingan	,735	4	,184	3,574	,007
Temperatur * Pencahayaan	,285	4	,071	1,388	,237
Temperatur * BMI	,116	4	,029	,562	,690
Kebisingan * Pencahayaan	1,212	4	,303	5,891	,000
Kebisingan * BMI	,089	4	,022	,431	,786
Pencahayaan * BMI	,497	4	,124	2,416	,048
Temperatur * Kebisingan * Pencahayaan	1,604	8	,200	3,899	,000
Temperatur * Kebisingan * BMI	,173	8	,022	,422	,908
Temperatur * Pencahayaan * BMI	,581	8	,073	1,412	,189
Kebisingan * Pencahayaan * BMI	,392	8	,049	,953	,472
Temperatur * Kebisingan * Pencahayaan * BMI	,787	16	,049	,957	,504
Error	20,825	405	,051		
Total	1403,257	486			
Corrected Total	35,432	485			

a. Squared = ,412 (Adjusted R Squared = ,296)

Tabel 4.

Output Multiple Comparisons Temperatur

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Reaction Time for Correct Answer

Tukey HSD

(I) Temperatur	(J) Temperatur	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound	Upper Bound
18C	24C	.0028	.02520	,993	-.0564	.0621
	29C	-.1435	.02520	,000	-.2028	-.0843
24C	18C	-.0028	.02520	,993	-.0621	.0564
	29C	-.1464	.02520	,000	-.2056	-.0871
29C	18C	.1435	.02520	,000	.0843	.2028
	24C	.1464	.02520	,000	.0871	.2056

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,051.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Dari perhitungan analisa faktorial dengan SPSS dihasilkan data pada Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa semua faktor berpengaruh terhadap konsentrasi belajar mahasiswa di ruang kelas. Berbeda dengan interaksi antara faktor-faktor ada yang berpengaruh dan ada

yang tidak berpengaruh. Faktor dikatakan berpengaruh jika level signifikannya lebih kecil dari α (5%). Sedangkan jika level signifikannya lebih besar dari α , maka faktor tersebut tidak berpengaruh.

Tabel 5.
Output Multiple Comparisons Kebisingan
Multiple Comparisons

Dependent Variable: Reaction Time for Correct Answer
Tukey HSD

(I) Kebisingan	(J) Kebisingan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
30dB	60dB	.0003	.02520	1,000	-.0590	.0596
	80dB	-.2086	.02520	,000	-.2678	-.1493
60dB	30dB	-.0003	.02520	1,000	-.0596	.0590
	80dB	-.2089	.02520	,000	-.2682	-.1496
80dB	30dB	.2086	.02520	,000	.1493	.2678
	60dB	.2089	.02520	,000	.1496	.2682

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,051.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Tabel 6.
Output Multiple Comparisons Pencahayaan

Dependent Variable: Reaction Time for Correct Answer
Tukey HSD

(I) Pencahayaan	(J) Pencahayaan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
50lux	130lux	.0710	.02520	,014	.0117	.1303
	250lux	.0748	.02520	,009	.0155	.1341
130lux	50lux	-.0710	.02520	,014	-.1303	-.0117
	250lux	.0038	.02520	,987	-.0554	.0631
250lux	50lux	-.0748	.02520	,009	-.1341	-.0155
	130lux	-.0038	.02520	,987	-.0631	.0554

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,051.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Tabel 7.
Output Multiple Comparisons BMI

Dependent Variable: Reaction Time for Correct Answer

Tukey HSD

(I) Body Mass Index	(J) Body Mass Index	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
<Normal	Normal	-.0006	.02520	1,000	-.0598	.0587
	>Normal	.0734*	.02520	,011	.0141	.1327
Normal	<Normal	.0006	.02520	1,000	-.0587	.0598
	>Normal	.0740*	.02520	,010	.0147	.1332
>Normal	<Normal	-.0734*	.02520	,011	-.1327	-.0141
	Normal	-.0740*	.02520	,010	-.1332	-.0147

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,051.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Pada penelitian ini faktor yang berpengaruh adalah temperatur, pencahayaan, kebisingan dan BMI (*body mass index*). Sementara interaksi dari dua faktor yang berpengaruh adalah temperatur dengan kebisingan, kebisingan dengan pencahayaan, dan pencahayaan dengan BMI, Sedangkan interaksi dari tiga faktor yang berpengaruh adalah faktor temperatur dengan kebisingan dan dengan pencahayaan.

Interaksi faktor-faktor ada yang berpengaruh dan tidak berpengaruh. Interaksi tersebut berpengaruh karena terdapat hubungan antara faktor yang satu dengan yang lainnya. Dengan demikian hubungan tersebut menyebabkan terjadinya pengaruh seseorang dalam berkonsentrasi. Sedangkan interaksi-interaksi yang tidak berpengaruh, dapat terjadi karena tidak adanya hubungan antara faktor-

faktor tersebut sehingga tidak mempengaruhi dalam berkonsentrasi.

3.3. Uji Tukey's

1. Temperatur

Berdasarkan hasil *multiple comparisons* (perbandingan simultan) diatas menunjukkan bahwa $\mu_1 = \mu_2$ karena memiliki nilai Sig. 0,993 > 0,05 yang berarti terima Ho dan hasil pengujian tidak berbeda signifikan sedangkan $\mu_1 \neq \mu_3$ dan $\mu_2 \neq \mu_4$ memiliki nilai Sig. 0,000 < 0,05 yang berarti tolak Ho dan hasil pengujian berbeda signifikan

2. Kebisingan

Berdasarkan hasil *multiple comparisons* (perbandingan simultan) diatas menunjukkan bahwa $\mu_1 = \mu_2$ karena memiliki nilai Sig. 1,000 > 0,05 yang berarti terima Ho dan hasil pengujian tidak berbeda signifikan sedangkan

$\mu_1 \neq \mu_3$ dan $\mu_2 \neq \mu_3$ memiliki nilai Sig. $0,000 < 0,05$ yang berarti tolak H_0 dan hasil pengujian berbeda signifikan.

3. Pencahayaan

Berdasarkan hasil *multiple comparisons* (perbandingan simultan) diatas menunjukkan bahwa $\mu_2 = \mu_3$ memiliki nilai Sig. $> 0,05$ yang berarti terima H_0 dan hasil pengujian tidak berbeda signifikan sedangkan $\mu_1 \neq \mu_2$ dan $\mu_1 \neq \mu_3$ memiliki nilai Sig. $< 0,05$ yang berarti tolak H_0 dan hasil pengujian berbeda signifikan.

4. Body Mass Index

Berdasarkan hasil *multiple comparisons* (perbandingan simultan) diatas menunjukkan bahwa $\mu_1 = \mu_2$ memiliki nilai Sig. $> 0,05$ yang berarti terima H_0 dan hasil pengujian tidak berbeda signifikan sedangkan $\mu_1 \neq \mu_3$ dan $\mu_2 \neq \mu_3$ memiliki nilai Sig. $< 0,05$ yang berarti tolak H_0 dan hasil pengujian berbeda signifikan.

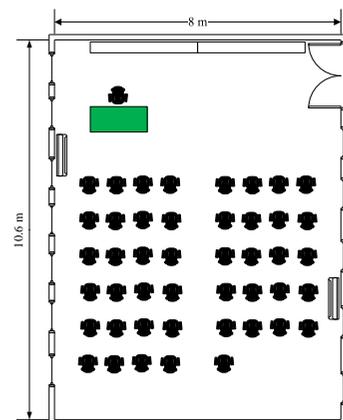
3.4. Usulan Perbaikan Lingkungan Fisik Kerja di Ruang Kelas FTM. UNJANI Bandung

Lingkungan fisik kerja merupakan suatu hal yang perlu diperhatikan dalam kegiatan proses belajar di ruang kelas FTM. UNJANI Bandung. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, lingkungan fisik kerja (temperatur, kebisingan dan pencahayaan)

berpengaruh terhadap peningkatan konsentrasi mahasiswa di ruang kelas. Ruang kelas di FTM. UNJANI Bandung memiliki ukuran yang sama yaitu memiliki panjang sebesar 10,6 m dan lebar sebesar 8 m. Jadi luas dari ruangan tersebut adalah $84,8 \text{ m}^2$.

1. Temperatur

Kebutuhan yang harus dipenuhi ruang kelas FTM. UNJANI Bandung adalah 5 PK. Agar menjadikan kebutuhan tersebut efektif dan efisien maka dibutuhkan tata letak udara agar penyebarannya menjadi lebih efektif di dalam ruangan. Dari luas ruangan kelas yang berukuran 8 meter x 10.6 meter tidak akan efektif apabila ditempatkan AC sebesar 5 PK karena penyebaran udara hanya bersumbu pada satu titik.



Gambar 4.
Tata letak AC

Akan lebih efektif apabila menggunakan AC 2.5 PK sebanyak 2 unit bergantung pada banyaknya kaca dan jendela. AC 2.5 PK

digunakan karena ruang kelas merupakan ruangan yang diperuntukan untuk banyak orang.

2. Kebisingan

Untuk memenuhi kondisi ideal tersebut, ruang kelas FTM. UNJANI Bandung melakukan pengendalian dengan melakukan kontrol pada sumber bising. Sumber kebisingan yang sering terjadi selain dari aktivitas di dalam ruang kelas adalah kebisingan yang berasal dari aktivitas di luar ruang kelas. Adapun Pengendalian kebisingan yang dapat dilakukan dengan melakukan kontrol pada sumber bising dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Mahasiswa dilarang melakukan aktivitas yang menghasilkan kegaduhan di area ruang kelas. Hal ini dilakukan dengan membuat display yang berisikan larangan dan menempelnya di lorong ruang kelas. Berikut adalah display yang dapat digunakan, tersaji pada Gambar 5.



Gambar 5.
Display Lorong Kelas

- b. Memberi surat pada pihak terkait untuk melakukan penebangan pohon dan pemotongan rumput pada hari libur kuliah atau pada akhir pekan (Sabtu & Minggu) ketika tidak dilaksanakan proses belajar mengajar di dalam kelas.

3. Pencahayaan

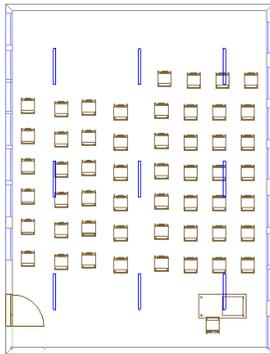
Untuk memenuhi kondisi ideal tersebut, ruang kelas FTM. UNJANI Bandung dapat melakukan perancangan jumlah lampu agar mencapai tingkat iluminasi yang standar. Berikut ini merupakan perancangan jumlah kebutuhan lampu di ruang kelas FTM. UNJANI Bandung.

Software DIALux digunakan untuk merancang ruangan dengan lengkap beserta perabotannya serta mengetahui kebutuhan lampu yang akan digunakan untuk ruangan tersebut agar nyaman. Lampu yang digunakan pada penelitian ini adalah lampu Philips BN124C L1200 1xLED38S/830.

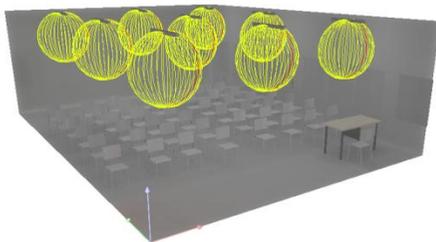
Berikut ini merupakan hasil perhitungan jumlah lampu dan penempatan posisi lampu dengan menggunakan software DIALux :

Tabel 8
Kebutuhan Energi di Ruang Kelas FTM. UNJANI Bandung

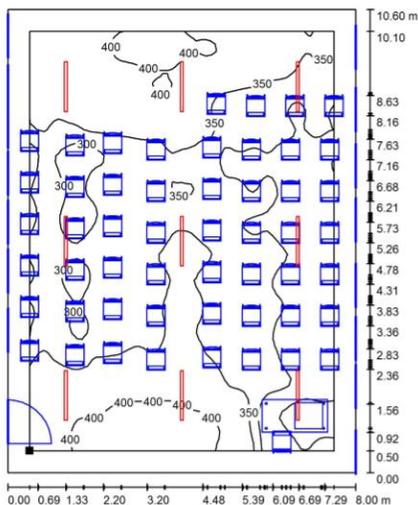
Jumlah Lampu	Luminaire	Watt
9	3800 x 9 = 34200	38 x 9 = 342



Gambar 6.
Penempatan Lampu Ruang Kelas FTM. UNJANI Bandung



Gambar 7.
Distribusi Pencahayaan 3D



Gambar 8.
Distribusi Pencahayaan 2D

IV. KESIMPULAN

1. Faktor lingkungan fisik kerja (Pencahayaan, Kebisingan dan Temperatur) berpengaruh terhadap konsentrasi mahasiswa. Dan faktor yang paling berpengaruh terhadap konsentrasi mahasiswa adalah faktor kebisingan.
2. Faktor Body Mass Index berpengaruh terhadap konsentrasi mahasiswa.
3. Kondisi optimal lingkungan fisik kerja untuk meningkatkan konsentrasi mahasiswa di ruang kelas adalah sebagai berikut :
Temperatur : 18 °C - 24°C
Kebisingan : 30 dB - 60 dB
Pencahayaan : 180 lux - 250 lux.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Puspita, H.D. and Septiani, A., 2018. PENGARUH ANTHROPOMETRI DAN LINGKUNGAN FISIK KERJA PADA KECEPATAN WAKTU PERAKITAN OTOPEL. *INFOMATEK: Jurnal Informatika, Manajemen dan Teknologi*, 20(2), pp.117-126.
- [2] Sadarmayanti. 2009. *Sumber Daya Manusia dan Produktivitas Kerja*. Bandung: CV Mandar Maju.
- [3] Wignjosoebroto, S. 2003. *Pengantar Teknik dan Manajemen Industri*. Surabaya: Guna Widya.

- [4] Wahyuni, Khoirotunnajihah. 2019. Analisis Faktor yang Berhubungan dengan Tingkat Konsentrasi Pada Petugas Jaga di Pangkalan TNI AL LANAL Tanjung Balai Asahan. *The Indonesian Journal of Health Promotion*, vol. 2, no. 1, pp. 41-50.
- [5] Soetisna, H.R., Tania, D. 2016. Pengukuran Tingkat Konsentrasi Para Peserta Didik untuk Meningkatkan Efektivitas Kegiatan Pendidikan di Institusi Pendidikan Kemiliteran X. *Jurnal Ergonomi dan K3*, Vol. 1(1).
- [6] Winata. I.K. 2021. Konsentrasi dan Motivasi Belajar Siswa Terhadap Pembelajaran Online Selama Masa Pandemi Covid-19..*Jurnal Komunikasi Pendidikan*. Vol.5, No.1, pp 13-24.



INFOMATEK

Volume 23 Nomor 1 Juni 2021

TINGKAT PENCEMARAN UDARA CO AKIBAT LALU LINTAS DENGAN MODEL PREDIKSI UDARA SKALA MIKRO DI JALAN SUDIRMAN JAKARTA

Fyra Catleya, Yonik Meilawati Yustiani*, Astri Widiastuti Hasbiah

Program Studi Teknik Lingkungan – Fakultas Teknik
Universitas Pasundan

Abstrak: Lalu lintas kendaraan merupakan salah satu sumber pencemaran udara pada suatu kota. Jakarta sebagai ibukota Indonesia berpotensi memiliki kualitas udara yang buruk akibat kegiatan lalu lintas ini. Karbon monoksida (CO) terbentuk pada pembakaran mesin kendaraan berbahan bakar minyak yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Jalan Sudirman adalah lokasi di Kota Jakarta dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh tingkat pencemaran udara dengan parameter CO hasil pemodelan prediksi pada lokasi Jalan Sudirman Jakarta tersebut. Model yang digunakan adalah model prediksi skala mikro. Sampling dilakukan untuk mengukur konsentrasi CO pada 3 kondisi kepadatan yaitu hari kerja penuh, setengah hari kerja dan hari libur. Tiap hari sampling, pengukuran dilaksanakan 3 kali untuk mewakili kondisi jam puncak di pagi hari, siang dan sore hari. Hasil penelitian dan perhitungan memperlihatkan bahwa prediksi konsentrasi CO yang dihasilkan oleh kendaraan dengan pemodelan berada diantara 5364 ppm hingga 12469 ppm. Konsentrasi CO paling tinggi terprediksi pada hari Senin sore, sedangkan paling rendah terhitung pada hari Sabtu pagi. Secara umum, hasil prediksi menunjukkan bahwa konsentrasi CO di ruas Jalan Sudirman Jakarta masih memenuhi baku mutu.

Kata kunci: karbon monoksida, pencemaran udara, pencemar sumber garis

I. PENDAHULUAN

Udara merupakan media yang terhubung langsung ke tubuh manusia melalui sistem pernapasan. Udara yang seharusnya masuk ke tubuh manusia dan makhluk hidup lainnya seharusnya dalam keadaan yang baik, yaitu udara yang tidak mengandung polutan (Hasbiah dkk., 2016 [1]). Namun polutan terus

dihasilkan karena aktivitas alami atau aktivitas manusia.

Sumber-sumber pencemaran udara dapat dibagi dalam dua kelompok besar, sumber alamiah dan akibat perbuatan manusia. Sumber yang diakibatkan dari proses atau kegiatan alam dapat berasal dari kebakaran hutan, kegiatan gunung berapi, dan lain-lain. Sumber pencemaran yang diakibatkan oleh manusia berasal dari sisa pembakaran bahan bakar minyak limbah industri sisa pembakaran dari gas alam, batu bara, dan minyak, dan

^{*)} yonik@unpas.ac.id

pembakaran sisa pertanian, hutan, dan sampah. Pencemaran udara yang dialami oleh perkotaan mayoritas berasal dari kegiatan manusia karena tingginya mobilitas masyarakat perkotaan.

Mobilitas memiliki arti pergerakan atau perpindahan dari satu tempat ke tempat lain. Dalam implementasinya membutuhkan alat yang dapat mendukung. Bidang yang selalu dikaitkan adalah transportasi. Proses perpindahan memerlukan sarana dan prasarana transportasi, sarana yang dimaksud adalah kendaraan sedangkan prasarana yaitu jalan dan pendukungnya (Fahmi dan Mawardi, W. H., 2007 [2]).

Kota Jakarta yang berperan sebagai Ibu Kota Indonesia memiliki jumlah kendaraan tertinggi di Indonesia. Berdasarkan BPS DKI Jakarta, jumlah kendaraan di DKI Jakarta pada tahun 2019 mencapai 22.858.744 unit atau 14,8% dari keseluruhan jumlah kendaraan di Indonesia yang berjumlah 154.376.369 unit (BPS DKI Jakarta, 2019 [3]). Kendaraan bermotor yang terus berkembang secara kuantitas dan kualitas tidak hanya memberikan manfaat, namun juga dampak buruknya yaitu polusi. Berdasarkan berbagai informasi, kendaraan bermotor menghasilkan gas-gas pencemar diantaranya karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), hidrokarbon (HC), Sulfur dioksida (SO₂), timah hitam (Pb), dan karbon dioksida (CO₂), dari

beberapa jenis gas-gas tersebut, CO memiliki presentase paling besar, yaitu sebanyak 70-80% (Maryanto, 2009 [4]).

Salah satu langkah penting yang dilakukan dalam proses studi lingkungan adalah melakukan prediksi dampak pada suatu komponen lingkungan, model kualitas udara dipergunakan untuk mengevaluasi dampak dari sumber emisi lalu lintas terhadap kualitas lingkungan. Model menunjukkan bahwa besarnya konsentrasi polutan dipengaruhi oleh banyaknya emisi yang dikeluarkan sumber. Sedangkan pada kasus jalan raya emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor dipengaruhi oleh karakteristik lalu lintas (Hoesodo, 2004 [5]).

Dalam penelitian ini studi lingkungan dilakukan dengan memprediksi konsentrasi CO di udara yang dilepaskan oleh kendaraan dengan pemodelan di Jalan Jendral Sudirman Jakarta Pusat dengan beberapa pertimbangan, yaitu merupakan area perkantoran, terdapat beberapa tempat umum seperti diantaranya pusat perbelanjaan, sekolah, hotel, dan restaura. Pada jalan tersebut memiliki 2 arus berbeda sehingga menjadi akses ke berbagai tujuan yang menjadikan volume kendaraan tinggi. Selain itu pada jalan tersebut jenis kendaraan bervariasi sehingga dapat merepresentasikan jumlah polutan yang dikeluarkan oleh jenis kendaraan yang berbeda-beda. Pada Jalan

Jenderal Sudirman Jakarta belum ada penelitian yang menunjukkan tingkat konsentrasi CO, maka dilakukan penelitian ini.

II. METODOLOGI

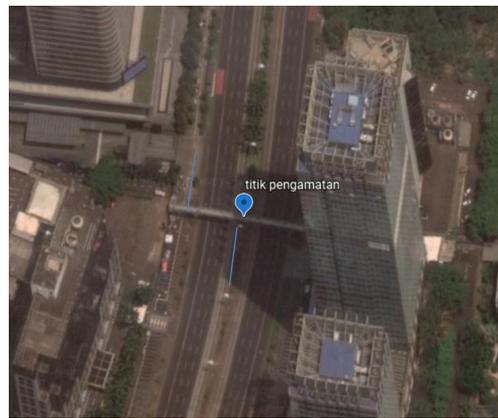
2.1 Lokasi

Lokasi penelitian yaitu di Jalan Sudirman Jakarta Selatan. Penentuan titik pengamatan diawali dengan melihat kondisi lalu lintas melalui situs www.tomtom.com, yaitu laman yang navigasi perjalanan yang juga memperlihatkan kondisi kepadatan lalu lintas. Tahap selanjutnya adalah mendatangi beberapa lokasi yang telah ditentukan dari situs tersebut untuk menganalisis kelebihan dan kekurangan lokasi tersebut apabila dijadikan lokasi penelitian.

Penentuan lebih detil tempat pengamatan dilakukan dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Jalan tersebut tidak berbelok-belok, sehingga kecepatan kendaraan konstan;
2. Jalan memiliki 2 arah yang menjadi akses ke berbagai tujuan yang menjadikan volume kendaraan besar. Meskipun 2 arah, jalan tersebut hanya memiliki 2 jalur, sehingga pengamatan lebih terfokus. Jalan tersebut merupakan daerah sibuk karena memiliki banyak gedung perkantoran, pusat perbelanjaan, rumah sakit, sarana olahraga, dan universitas.

Pengamatan dilakukan dari jembatan penyeberangan yang berada di depan Indofood tower. Berdasarkan suvey lokasi, area ini memiliki volume kendaraan yang besar serta kecepatan yang rendah. Panjang jalan sebagai objek penelitian diambil 35m (garis biru pada Gambar 1).



Gambar 1.

Lokasi Penelitian (<https://rb.gy/8ae6ba>, diakses September 2020)

2.2 Pengumpulan data

Dalam Penelitian ini terdapat dua jenis data yang dibutuhkan, yaitu data primer dan data sekunder.

- Data primer meliputi pengumpulan data volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, kelembapan udara, suhu udara, kecepatan angin, dan radiasi sinar matahari.
- Data Sekunder meliputi gambaran umum Jl. Jenderal Sudirman, data BPS Provinsi DKI Jakarta, studi literatur serta artikel-

artikel ilmiah terkait pencemaran udara dan model-model pencemaran udara.

2.3 Pelaksanaan Sampling

Metode pengukuran volume lalu lintas yang akan dilakukan ini sebelumnya pernah dilakukan Sengkey dkk. pada tahun 2011 di ruas jalan Sam Ratulangi Manado, yaitu pengukuran dilakukan pada hari Senin sebagai representatif hari kerja, Sabtu sebagai representatif hari setengah kerja dan setengah libur, dan Minggu sebagai representatif hari libur. Penelitian dilakukan dari pukul 06.00 sampai pukul 18.00, dimana waktu penelitian dibagi menjadi 3 kategori, yaitu jam puncak pagi, jam puncak siang, dan jam puncak sore. Jam puncak menunjukkan jam pada saat kendaraan memiliki jumlah kendaraan yang paling banyak. Jam puncak akan menunjukkan konsentrasi CO tertinggi pada hari penelitian. Jam puncak pagi dipilih dari pukul 06.00-10.00, jam puncak siang dipilih dari pukul 10.01-14.00, jam puncak sore dipilih dari pukul 14.01-18.00.

Pengukuran jumlah kendaraan dilakukan manual dengan menggunakan alat hitung manual. Dikarenakan adanya dua jalur dengan arah berbeda yang memiliki karakter lalu lintas berbeda, maka pengukuran volume lalu lintas dilakukan per jalur, dan dibutuhkan masing-masing 1 orang dalam proses pengukuran. Untuk melengkapi pengamatan, pengamat membawa 3 alat hitung manual

(masing-masing untuk menghitung kendaraan roda empat, kendaraan roda di atas empat, dan sepeda motor), serta formulir untuk mencatat jumlah kendaraan masing-masing jenis setiap 1 jam pengukuran kecepatan kendaraan dan pengukuran parameter udara ambien.

Pengambilan data kecepatan yang dilakukan hanya pada jam puncak yang telah diperoleh di tahap pertama, dengan menghitung kecepatan masing-masing jenis kendaraan setiap 10 menit dalam satu jam, sehingga didapat 6 sampel untuk masing-masing jenis kendaraan (diasumsikan kondisi lalu lintas berubah tiap 10 menit, sehingga didapat kecepatan rata-rata yang menggambarkan kondisi lalu lintas dalam jam puncak tersebut).

Pengamatan dilakukan pada jam puncak dengan mengukur kecepatan kendaraan, mengukur suhu, kelembapan udara, kecepatan angin, konsentrasi CO dan mencatat stabilitas atmosfer.

Metode yang digunakan untuk menghitung kecepatan kendaraan adalah dengan mengukur waktu yang dibutuhkan oleh sampel untuk menempuh jarak 35 m (objek penelitian), kemudian kecepatan akan dihitung dengan persamaan (1).

$$V = \frac{s}{t} \quad (1)$$

Dimana s adalah jarak (meter), t adalah waktu (detik), dan V adalah kecepatan (m/dtk).

Kemudian pengukuran kelembapan udara dan suhu menggunakan higrometer yang juga memiliki fitur pengukur suhu, pengukuran kecepatan angin dengan anemometer.

Stabilitas atmosfer ditentukan berdasarkan kecepatan angin yang didapat lalu disesuaikan dengan radiasi matahari pada jam puncak dengan keterangan sebagai berikut (Permatasari A.A.I, 2014 [6]; Tjasyono, B. H. K., 2009 [7]):

1. “*Strong*” merupakan kondisi saat langit cerah tidak berawan.
2. “*Moderate*” merupakan kondisi saat awan sedikit menutup langit.
3. “*Slight*” merupakan kondisi saat sebagian besar langit tertutup awan atau mendung.

Kemudian data angin dan radiasi matahari disesuaikan dengan klasifikasi stabilitas atmosfer yang dibuat oleh Pasquill, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.
Klasifikasi Stabilitas Atmosfer (Pasquill 1961 dalam Chapman 2017 [8])

Kecepatan Angin (m/dtk)	Radiasi Matahari			Kondisi Malam Hari	
	Kuat	Moderat	Ringan	Thin Overcast atau 4/8 awan rendah	<= 4/8 berawan
<2	A	A-B	B	-	-
2-3	A-B	B	C	E	F
3-4	B	B-C	C	D	E
4-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

2.4 Pengolahan Data dan Analisis

Pada penelitian ini, model yang dipakai adalah model dispersi Gaussian yang telah dimodifikasi untuk mencari konsentrasi CO dari kendaraan atau sumber bergerak. Modifikasi rumus yang sesuai untuk sumber pencemar garis yang berada di permukaan tanah dapat dilihat pada persamaan (2) berikut

$$C(x, 0, 0; 0) = \frac{Q}{\pi \sigma_z \sigma_y \mu} \quad (2)$$

Untuk menghitung konsentrasi CO (C) dari persamaan tersebut, perlu mencari nilai laju emisi (Q), koefisien dispersi arah sumbu Z (σ_z), koefisien dispersi arah sumbu Y (σ_y), dan kecepatan angin (μ).

Untuk mencari nilai Q yang tertulis pada persamaan (3), dibutuhkan nilai n atau jumlah kendaraan dan nilai q atau laju emisi. Jumlah kendaraan per satuan waktu (n) diambil dari jumlah kendaraan pada jam puncak, untuk ketiga kategori jenis kendaraan akan dinormalisasikan dengan faktor pengali emisi CO pada Tabel 3. Kemudian laju emisi (q) dihitung dengan menggunakan persamaan (4) (Departemen Pekerjaan Umum, 1999 [9]).

$$Q = n \times q \quad (3)$$

$$q = 867,92 \times V^{-0,8648} \quad (4)$$

Dimana Q adalah Kekuatan Emisi (gr/dtk atau gr/dtk.m), n adalah jumlah kendaraan per detik.

Tabel 3.
Faktor Pengali untuk Menormalisasi Volume Kendaraan menjadi Satuan Mobil Penumpang per Satuan Waktu [9]

Jenis Kendaraan	Faktor Pengali Emisi CO			
	Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Lain-lain
Sepeda Motor	0,6	0,6	0,60	0,60
Kendaraan Penumpang	1	0,76	0,80	0,76
Kendaraan Berat	1,97	1,93	1,95	1,93

Penghitungan dispersi (σ_z dan σ_y) menggunakan persamaan (5) dan (6) [9].

$$\sigma_z = cx^d + f \tag{5}$$

$$\sigma_y = ax^{0,8} \tag{6}$$

Nilai konstanta a, c, d, dan f ditentukan berdasarkan stabilitas atmosfer dikaitkan dengan jarak reseptor (x_f). Nilai konstanta tersebut dirumuskan oleh D.O Martin berdasarkan beberapa rangkaian percobaan, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.

Nilai konstanta a, c, d, dan f untuk menghitung σ_y dan σ_z sebagai fungsi dari jarak (Martin 1976 dalam Cooper dan Alley, 1994 [10])

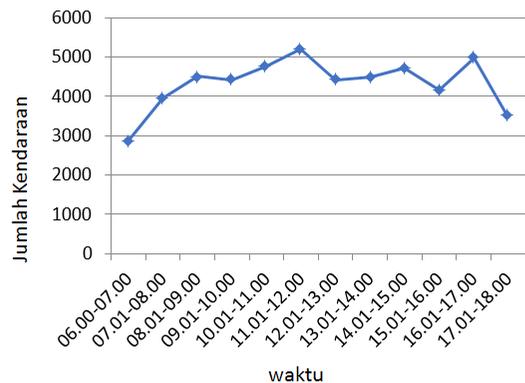
Kelas Stabilitas	X<1 km				X>1km		
	a	C	d	F	c	d	f
A	213	440,8	1,941	9,27	459,7	2,094	-9,6
B	156	100,6	1,149	3,3	108,2	1,098	2
C	104	61	0,911	0	61	0,911	0
D	68	33,2	0,725	-1,7	44,5	0,516	-13
E	50,5	22,8	0,678	1,3	55,4	0,305	-34
F	34	14,35	0,74	-0,35	62,6	0,18	-48,6

Setelah konsentrasi CO didapatkan dari persamaan (2), konsentrasi CO dibandingkan dengan baku mutu udara ambien nasional berdasarkan PP No. 41 Tahun 1999. Selain itu, konsentrasi yang didapatkan dari pemodelan dibandingkan lagi dengan konsentrasi CO yang diukur oleh CO meter, untuk mengetahui presentase konsentrasi CO di udara yang dihasilkan oleh kendaraan di lokasi penelitian.

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas pada hari Senin yang mewakili hari kerja dapat dilihat pada Gambar 2.

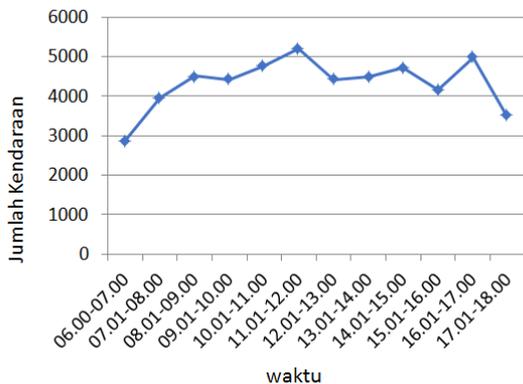


Gambar 2.

Grafik Jumlah Kendaraan Total Pada Hari Senin

Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui jam puncak pagi terjadi pada pukul 08.01-09.00 dengan jumlah kendaraan 9199, jam puncak siang terjadi pada pukul 11.01-12.00 dengan jumlah kendaraan 8426, dan jam puncak sore terjadi pada pukul 16.01-17.00 dengan jumlah

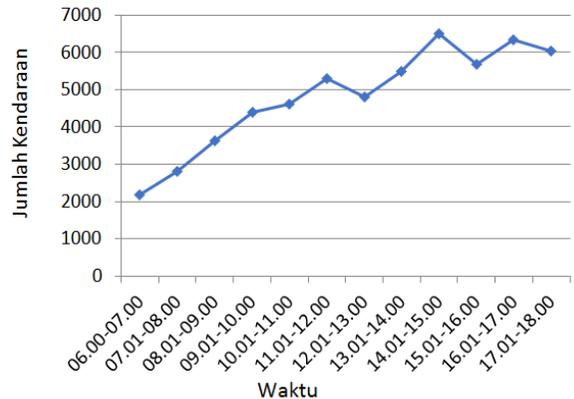
kendaraan 8930. Kepadatan yang terjadi di hari Senin diakibatkan tingginya aktivitas masyarakat yang terjadi pada hari kerja, terlihat pada jam puncak pagi dan jam puncak siang dengan volume lalu lintas yang tinggi karena pada jam tersebut terjadi aktivitas pergi dan pulang kerja.



Gambar 3.

Grafik Jumlah Kendaraan Total Pada Hari Sabtu

Volume kendaraan dihari Sabtu yang mewakili hari saat kegiatan setengah hari kerja dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar di atas menunjukkan jam puncak pagi terjadi pada pukul 08.01-09.00 dengan jumlah kendaraan 4507, jam puncak siang terjadi pada pukul 11.01-12.00 dengan jumlah kendaraan 5200, dan jam puncak sore terjadi pada pukul 16.01-17.00 dengan jumlah kendaraan 4974. Volume kendaraan pada hari Sabtu lebih sedikit dibandingkan volume lalu lintas pada hari Senin, karena tidak banyak orang yang bekerja pada hari Sabtu sehingga sedikitnya aktivitas lalu lintas.



Gambar 4.

Grafik Jumlah Kendaraan Total Pada Hari Minggu

Gambar 4 di atas menunjukkan volume lalu lintas pada hari Minggu yang mewakili hari libur. Dari pengamatan, didapat jam puncak pagi pada pukul 09.01-10.00 dengan jumlah kendaraan 4395, jam puncak siang pada pukul 13.01-14.00 dengan jumlah kendaraan 5496, dan jam puncak sore pada pukul 14.01-15.00 dengan jumlah kendaraan 6494.

Kecilnya volume lalu lintas pada hari Minggu pagi dikarenakan adanya *Car Free Day* (CFD) dilaksanakan di Jl. Jenderal Sudirman setiap hari Minggu pukul 06.00-10.00. Dikarenakan adanya pandemi Covid 19, maka CFD hanya memakai setengah jalan di tiap jalurnya, sebagian lain dipakai untuk jalur kendaraan.

Langkah selanjutnya adalah menormalisasi jumlah kendaraan yang dihitung dengan mengalikan jumlah kendaraan/dtk dengan

faktor pengali emisi CO yang dapat dilihat pada Tabel 3 untuk menjadi satuan mobil penumpang per satuan waktu (smp/dtk). Dari hasil perkalian tersebut, didapat hasil yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5.

Hasil Perhitungan Normalisasi Kendaraan Penumpang

Waktu	Hasil Normalisasi Kendaraan (smp/dtk) (Arah Utara)			Hasil Normalisasi Kendaraan (smp/dtk) (Arah Selatan)		
	Roda 2	Roda 4	Roda >4	Roda 2	Roda 4	Roda >4
	Senin					
pagi	0,566	0,851	0,057	0,262	0,284	0,021
siang	0,440	0,662	0,044	0,265	0,471	0,021
sore	0,491	0,837	0,044	0,228	0,99	0,047
Sabtu						
pagi	0,193	0,209	0,040	0,238	0,296	0,030
siang	0,105	0,337	0,044	0,241	0,494	0,028
sore	0,095	0,328	0,046	0,215	0,510	0,027
Minggu						
pagi	0,228	0,224	0,030	0,222	0,214	0,032
siang	0,208	0,467	0,037	0,163	0,405	0,033
sore	0,300	0,485	0,034	0,174	0,497	0,030

3.2 Laju Emisi

Data kecepatan dibutuhkan untuk menghitung laju emisi. Cara mendapatkan data kecepatan adalah dengan mengukur waktu yang dibutuhkan kendaraan dalam menempuh 35 m panjang jalan. Data kecepatan yang diukur dilapangan memiliki satuan m/dtk, kemudian diubah ke km/jam. Hasil konversi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6.

Kecepatan Kendaraan (V)

Waktu	Kecepatan (km/jam) (Arah Utara)			Kecepatan (km/jam) (Arah Selatan)		
	Roda 2	Roda 4	Roda >4	Roda 2	Roda 4	Roda >4
	Senin					
pagi	97,17	97,93	77,38	92,53	39,21	60,43
siang	88,11	76,52	61,76	82,62	86,62	63,00
sore	45,96	29,02	34,95	66,78	80,77	64,07
Sabtu						
pagi	105,88	119,06	93,91	102,16	72,28	86,80
siang	84,28	80,17	76,44	72,28	69,04	57,14
sore	90,65	84,94	69,61	79,75	71,25	55,26
Minggu						
pagi	81,64	81,91	70,06	95,33	97,93	70,65
siang	79,75	96,43	64,78	77,38	84,38	61,87
sore	64,89	77,54	54,39	79,08	97,55	60,11

Setelah mengubah satuan kecepatan, lalu dilanjutkan dengan menghitung laju emisi (q) menggunakan persamaan (3). Hasil perhitungan laju emisi tersebut dapat dilihat pada Tabel 7. Dari hasil perkalian tersebut dapat diketahui bahwa laju emisi tertinggi rata-rata terdapat di hari Senin sore di jalur arah utara. Jika dilihat dari kecepatan, kecepatan kendaraan di hari Senin sore di jalur arah utara memiliki kecepatan yang lebih rendah untuk tiap jenis kendaraannya dibanding dengan waktu lain.

Tabel 7.
Laju Emisi (qCO)

Waktu	qCO (gr/km) (Arah Utara)			qCO (gr/km) (Arah Selatan)		
	Roda	Roda	Roda	Roda	Roda	Roda
	2	4	>4	2	4	>4
Senin						
pagi	16,58	16,47	20,19	17,30	36,35	25,01
siang	18,05	20,39	24,54	19,08	18,30	24,12
sore	31,69	47,15	40,15	22,94	19,46	23,77
Sabtu						
pagi	15,40	13,91	17,08	15,88	21,42	18,28
siang	18,75	19,58	20,41	21,42	22,29	26,25
sore	17,61	18,63	22,13	19,67	21,69	27,02
Minggu						
pagi	19,28	19,22	22,00	16,86	16,47	21,84
siang	19,67	16,69	23,55	20,19	18,74	24,50
sore	23,51	20,16	27,39	19,82	16,53	25,12

3.3 Kekuatan Emisi

Kekuatan emisi (Q) dihitung dengan mengalikan jumlah kendaraan yang telah dinormalisasi menjadi satuan mobil penumpang per satuan waktu dengan laju emisi (q). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 8.

Berdasarkan hasil perkalian tersebut nilai kekuatan emisi terbesar terdapat di hari senin sore arah utara, dan kekuatan emisi terkecil pada hari Sabtu pagi arah utara. Hal ini sebanding dengan laju emisi yang telah dihitung sebelumnya.

Tabel 8.
Kekuatan Emisi (Q)

Waktu	Q (gr/dtk) (Arah Utara)				Q (gr/dtk) (Arah Selatan)			
	Roda	Roda	Roda	Q	Roda	Roda	Roda	Q
	2	4	>4	total	2	4	>4	total
Senin								
pagi	9,38	14,02	1,15	24,55	4,53	10,32	0,53	15,38
siang	7,94	13,50	1,08	22,52	5,06	8,62	0,51	14,18
sore	15,56	39,46	1,77	56,79	5,23	19,27	1,12	25,61
Sabtu								
pagi	2,97	2,91	0,68	6,56	3,78	6,34	0,55	10,67
siang	1,97	6,60	0,90	9,47	5,16	11,01	0,74	16,91
sore	1,67	6,11	1,02	8,80	4,23	11,06	0,73	16,02
Minggu								
pagi	4,40	4,31	0,66	9,36	3,74	3,52	0,70	7,97
siang	4,09	7,79	0,87	12,76	3,29	7,59	0,81	11,69
sore	7,05	9,78	0,93	17,76	3,45	8,22	0,75	12,42

3.4 Dispersi

Dalam menentukan Kelas Stabilitas Atmosfer, diperlukan data radiasi matahari dan kecepatan angin pada saat pengamatan. Data kecepatan angin diperoleh dengan pengukuran menggunakan anemometer.

Data kecepatan angin digunakan untuk menentukan kelas stabilitas atmosfer yang dicocokkan dengan kondisi radiasi matahari pada saat pengamatan. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9.
Stabilitas Atmosfer

Waktu	Radiasi	Kecepatan Angin	Kelas Stabilitas Atmosfer
	Matahari	(m/dtk)	
Senin			
pagi	strong	1,8	A
siang	moderate	1,8	A-B
sore	strong	1,6	A
Selasa			
pagi	moderate	1,1	A-B
siang	moderate	2,1	B
sore	moderate	2	B
Rabu			
pagi	slight	1,2	B
siang	slight	1,8	B
sore	moderate	1,4	A-B

Tabel 10.
Standar Deviasi Sebaran pada Arah z dan y

Kelas Stabilitas	x<1 km				σ_x	σ_y
	a	C	d	F		
A	213	440,8	1,941	9,27	27,188	24,009
B	156	100,6	1,149	3,3	19,912	17,580
A-B					23,550	20,797

3.5 Prediksi Konsentrasi Polutan

Perhitungan prediksi konsentrasi CO dengan persamaan dispersi Gaussian dapat dilakukan karena telah didapatkan data-data yang dibutuhkan, yaitu data kecepatan angin, data standar deviasi sebaran arah z dan y, dan data kekuatan emisi. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11.

Hasil Perhitungan Konsentrasi CO dengan Persamaan Gaussian

Waktu	Utara	Selatan	C Total ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Senin			
pagi	6658	4169	5700
siang	7571	5099	6576
sore	14788	4090	12469
Sabtu			
pagi	3826	6299	5364
siang	4103	7323	6166
sore	3797	7288	6091
Minggu			
pagi	7108	4320	5826
siang	6448	5914	6181
sore	8244	8062	8152

Konsentrasi CO dari hasil pemodelan dengan menggunakan persamaan dispersi Gaussian diatas masih dipisah dalam 2 kategori, yaitu konsentrasi CO dari kendaraan menuju utara dan konsentrasi CO dari kendaraan menuju arah selatan. Proses perhitungan ini dipisahkan berdasarkan jalur, karena karakter lalu lintas yang berbeda tiap jalur, dari segi kecepatan kendaraan maupun volume lalu lintas. Untuk mendapatkan nilai pencampuran konsentrasi CO dari kedua jalur, maka digunakanlah Persamaan (7) berikut.

$$C = \frac{Q_i \text{ utara} \times C_i \text{ utara} + Q_i \text{ selatan} \times C_i \text{ selatan}}{Q_i \text{ utara} + Q_i \text{ selatan}} \quad (7)$$

Dimana: C adalah konsentrasi CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), Q adalah kekuatan emisi (gr/dtk), dan i adalah waktu pengamatan.

Dari data prediksi konsentrasi CO, konsentrasi tertinggi didapat pada hari Senin sore sebesar 12469 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal tersebut dikarenakan besarnya volume lalu lintas dan kecepatan kendaraan yang relatif rendah. Apabila dibandingkan dengan kendaraan pada hari Senin pagi, jumlah kendaraan pada hari Senin sore lebih sedikit, namun kecepatan kendaraan pada Senin pagi lebih tinggi. Oleh karena itu, kecepatan sangat mempengaruhi besarnya konsentrasi CO yang dikeluarkan oleh kendaraan. Hari kerja memberikan kepadatan lalu lintas yang lebih tinggi dibandingkan dengan hari libur, dan kondisi sore hari memperlihatkan kondisi kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pagi hari karena rentang waktu yang pendek bagi pekerja untuk pulang dari tempat kerja menuju ke rumah (Wahyuni dkk., 2019 [11])

Hari Sabtu pagi merupakan kondisi lalu lintas dengan nilai konsentrasi CO paling rendah, meskipun volume kendaraan lebih tinggi dibandingkan dengan hari Minggu pagi. Kondisi ini disebabkan oleh rendahnya kecepatan kendaraan di hari Minggu pagi akibat adanya CFD dan tingginya kecepatan kendaraan pada hari Sabtu pagi, hal ini juga menunjukkan bahwa kecepatan sangat berpengaruh terhadap konsentrasi CO yang dikeluarkan. CFD mereduksi emisi sebesar 60,4% (Indria dan Ali, 2015 [12]).

Selain memprediksi konsentrasi CO dengan persamaan dispersi Gaussian, dilakukan juga pengukuran udara ambien menggunakan CO meter. Hasil pengukuran dengan CO meter dapat dilihat pada Tabel 12 Beserta presentase selisihnya, cara menghitung presentase selisihnya adalah dengan menggunakan Persamaan (8).

$$E = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (8)$$

Dimana E adalah selisih hitung data hasil pengukuran dan data hasil pemodelan, a adalah data hasil pengukuran lapangan, dan b adalah data hasil perhitungan dengan pemodelan (Fu'adah dkk., 2018 [13]).

Tabel 12.
Perbandingan Konsentrasi Hasil Pemodelan dengan Pengukuran Udara Ambien

Waktu	Konsentrasi hasil model (ppm)	Konsentrasi hasil pengukuran (ppm)	Selisih	
			ppm	(%)
Senin				
pagi	4.99	4.00	0.99	24.75
siang	5.75	5.00	0.75	15.00
sore	10.91	9.00	1.91	21.22
Sabtu				
pagi	4.69	4.00	0.69	17.25
siang	5.40	5.00	0.40	8.00
sore	5.33	5.00	0.33	6.60
Minggu				
pagi	5.10	5.00	0.10	2.00
siang	5.42	5.00	0.42	8.40
sore	7.15	7.00	0.15	2.14

Presentase selisih antara pengukuran udara ambien menggunakan CO meter dengan hasil pemodelan cukup tinggi, yaitu antara 2%-25%, dimana keseluruhan data hasil perhitungan memiliki nilai yang lebih tinggi. Pada kondisi ini banyak hal yang mempengaruhi, yaitu:

1. Alat CO meter tidak memiliki detail desimal, sehingga tidak dapat menunjukkan angka desimalnya.
2. Data kecepatan kendaraan yang kurang menunjukkan kondisi lalu lintas.
3. Perbedaan data kecepatan angin yang diperoleh untuk perhitungan dengan kecepatan angin yang saat dilakukan pengukuran udara ambien.
4. Stabilitas atmosfer yang ditentukan kurang tepat, karena berpengaruh terhadap penentuan nilai σ_y dan σ_z .

Secara keseluruhan, konsentrasi karbon monoksida yang terukur dan terhitung di Jalan Sudirman Jakarta pada saat penelitian ini masih memenuhi baku mutu. Hal ini diperlihatkan dari nilai karbon monoksida yang masih di bawah konsentrasi maksimum yang ditetapkan dalam baku mutu sebesar 30000 ppm.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan beberapa hal, diantaranya:

1. Prediksi konsentrasi CO yang dihasilkan oleh kendaraan dengan pemodelan berada diantara 5364 ppm hingga 12469 ppm.
2. Konsentrasi CO paling besar terdapat pada hari Senin Sore, dan paling kecil pada hari sabtu pagi
3. Besarnya volume lalu lintas mempengaruhi nilai konsentrasi CO yang dihasilkan, namun kecepatan juga berperan besar. Dapat dilihat bahwa volume kendaraan pada hari Senin pagi merupakan volume lalu lintas terbesar, namun konsentrasi CO pada hari Senin sore lebih besar karena kecepatan kendaraan yang relatif lebih pelan.
4. Konsentrasi CO yang dihasilkan oleh kendaraan di Jl. Jenderal Sudirman tidak melampaui baku mutu udara ambien, yaitu 30000 ppm.
5. Presentase selisih konsentrasi CO dari hasil pemodelan dengan pengukuran udara ambien berkisar 2% hingga 25%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hasbiah, A.W., Mulyatna, L., Musaddad, F. 2016. Studi Identifikasi Pencemaran Udara Oleh Timbal (Pb) Pada Area Parkir (Studi Kasus Kampus Universitas Pasundan Bandung). *Jurnal Infomatek*, Vol. 18(1), pp. 49-56.

- [2] Fahmi, M. I., Mawardi, W. H., 2007. Analisis Tingkat Kebutuhan Bis Sekolah di Kota Semarang (studi kasus: SMU Ksatrian / SMP 1 Ksatrian, SMPN 3 Semarang, SMPN 32 Semarang, SD Santo Yusuf, dan SMA Sedes Sapientiae / SMP Maria Mediatrix) <http://eprints.undip.ac.id/34218/>, diakses 7 Februari 2020
- [3] BPS DKI Jakarta, 2019, *Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Provinsi dan Jenis*.
- [4] Maryanto, D., 2009 Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) dengan Penambahan Arang Aktif pada Kendaraan Bermotor di Yogyakarta, *Jurnal KES MAS*, Vol. 3, No. 3, 162-232, Yogyakarta
- [5] Hoesodo, D., 2004, Permodelan Pencemaran Udara Akibat Lalu Lintas di Jalan Arteri (Studi Kasus Ruas Jalan Soekarno-Hatta di KotaBandung), *Tesis*, Univeritas Diponegoro, Semarang
- [6] Permatasari A.A.I. 2014. Analisis Pemetaan Kualitas Udara Ambien Menggunakan Perangkat Lunak ARCGIS 10 dan Model Dispersi Gauss (Studi Kasus Kawasan Bukin Semarang Baru Kecamatan Mijen, Kota Semarang), *Tesis*, Semarang. http://eprints.undip.ac.id/43667/3/BAB_II.pdf diakses 2 Oktober 2020
- [7] Tjasyono, B. H. K., 2009, *Meteorologi Indonesia Volume I*, BMKG, Jakarta. <https://staklimjogja.files.wordpress.com/2017/02/meteo-indonesia-i.pdf> diakses: 2 Oktober 2020
- [8] Chapman, H. L., 2017, Performance Test of the Pasquill Stability Classification Scheme, *thesis*, Milwaukee: University of Winsconsin Milwaukee.
- [9] Departemen Pekerjaan Umum, 1999, *Tata Cara Prediksi Polusi Udara Skala Mikro Akibat Lalu Lintas*, Mediatama Saptakarya, Jakarta
- [10] Cooper, D dan Alley, F. 1994. *Air Pollution Control. A Design Approach. Secound Edition*. Waveland press Inc. USA.
- [11] Wahyuni, S., Yustiani, Y.M., Juliandahri, A. 2019. Analisis Tingkat Kebisingan Lalu Lintas di Jalan Cihampelas dan Jalan Sukajadi Kota Bandung. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*. Vol. 2(1), pp. 9-12.
- [12] Indria, Ali, M. 2015. Pengaruh Program Car Free Day terhadap Penurunan Beban Pencemar CO dan NO₂. *Envirotek Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol. 7(2), pp. 68-74.
- [13] Fu'adah, L.N., Ariyanto, A.D.P., Samsuri, H.H., Nugraheni, I.R. 2018. Kajian Indeks Stabilitas Atmosfer terhadap Kejadian

Hujan Lebat di Wilayah Bogor. Prosiding
Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya.

[https://jurnal.uns.ac.id/prosidingsnfa/article
/view/28538](https://jurnal.uns.ac.id/prosidingsnfa/article/view/28538), diakses Mei 2021.

KEBIJAKAN REDAKSI

1. UMUM

Kontribusi artikel dapat diterima dari berbagai institusi pendidikan maupun penelitian atau sejenis dalam bidang informatika, manajemen dan teknologi. Manuskrip dapat dialamatkan kepada redaksi :

Dr.Ir. Bambang Ariantara, MT.
Fakultas Teknik – Universitas Pasundan
Jl. Dr. Setiabudhi No. 193
Bandung 40153

Manuskrip harus dimasukkan dalam sebuah amplop ukuran A4 dan dilengkapi dengan judul artikel, alamat korespondensi penulis beserta nomor telepon/fax, dan jika ada alamat e-mail. Bahasa yang digunakan dalam artikel lebih diutamakan bahasa Indonesia. Bahasa Inggris, khusus untuk bahasa asing, akan dipertimbangkan oleh redaksi. Kontribusi artikel dapat diterima dari berbagai institusi pendidikan maupun penelitian atau sejenis dalam bidang informatika, manajemen dan teknologi. Manuskrip dapat dikirim melalui sistem pengelolaan jurnal INFOMATEK (<http://journal.unpas.ac.id/index.php/infomatek/>), dengan terlebih dahulu mendaftarkan diri untuk mendapatkan akun (nama pengguna dan kata sandi), atau melalui email: yonik@unpas.ac.id

2. ELEKTRONIK MANUSKRIP

- a. Gunakan Microsoft Word versi Word 97-2003 Document sebagai media penulisan
- b. Manuskrip harus mengikuti aturan penulisan jurnal yang ditetapkan

3. PENGETIKAN MANUSKRIP

- a. Pada halaman pertama dari manuskrip harus berisi informasi sebagai berikut:
 - Judul
 - Nama dan insitutsi penulis
 - Abstrak yang tidak boleh lebih dari 75 kata
 - kata kunci berisi maksimal 8 kata
 - catatan kaki dengan symbol bintang (*) pada halaman pertama ini berisi nomor alamat e-mail penulis
- b. Judul manuskrip diketik dengan huruf 'Arial' dengan ukuran 12 pt, abstrak dengan ukuran 9 pt, dan manuskrip dengan ukuran 10 pt.
- c. Abstrak harus menjelaskan secara langsung dengan bahasa yang jelas isi dari manuskrip, yaitu terdiri dari tujuan, metode, dan hasil. Singkatan atau akronim yang tidak lazim harus dijelaskan pada abstrak. Abstrak diketik dalam satu kolom dengan jarak satu spasi.
- d. Manuskrip ditulis menggunakan 1,5 spasi, 6pt sebelum paragraf dan 6 pt setelah paragraph.
- e. Setiap paragraf baru harus dimulai pada sisi paling kiri. Semua bagian dalam manuskrip (antara abstrak, teks, gambar, tabel dan daftar rujukan) berjarak dua spasi.
- f. Teks atau isi manuskrip diketik dalam dua kolom dengan jarak antar kolom 0,7cm dengan ukuran kertas lebar 19,3 cm dan panjang 26,3. Sisi atas dan bawah 3 cm, sisi samping kiri dan kanan 1,7cm.

- g. Setiap sub judul atau bagian diberi nomor urut romawi (seperti I, II, ...,dst), diikuti sub-sub judulnya, mulai dari PENDAHULUAN sampai dengan DAFTAR RUJUKAN. Gunakan huruf capital untuk penulisan sub-judul
- h. Gambar-gambar harus ditempatkan setelah disebutkan dalam teks dan dengan kualitas yang baik serta diberi nama gambar dan nomor urut. Sama halnya untuk tabel.
- i. Persamaan harus diketik dengan jelas terutama untuk simbol-simbol yang jarang ditemui. Nomor persamaan harus ditempatkan di sisi sebelah kanan persamaan secara berurutan, seperti (1), (2).
- j. Sebutkan hanya referensi yang sesuai dan susun referensi tersebut dalam daftar rujukan yang hanya dan telah disebut dalam teks. Referensi dalam teks harus diindikasikan melalui nomor dalam kurung seperti [2]. Referensi yang disebut pertama kali diberi nama belakang penulisnya diikuti nomor urut referensi, contoh: Prihartono [3], untuk kemudian bila disebut kembali, hanya dituliskan nomor urutnya saja [3].
- k. Penulisan rujukan dalam daftar rujukan disusun secara lengkap sebagai berikut:

Sumber dari jurnal ditulis:

- [1] Knowles, J.C., and Reissner, E., (1958), Note on the stress strain relations for thin elastic shells. *Journal of Mathematics and Physic*, 37, 269-282.

Sumber dari buku ditulis:

- [2] Carslaw, H. S., and Jaeger, J. C., (1953), *Operational Methods in Applied Mathematics*, 2nd edn. Oxford University Press, London.

- l. Urutan penomoran rujukan dalam daftar rujukan disusun berurutan berdasarkan nama pengarang yang terlebih dahulu disebut dalam manuskrip.

Etika Publikasi Umum

Kode etika publikasi ilmiah yang digunakan adalah Peraturan Kepala LIPI Nomor 5 Tahun 2014 tentang Kode Etika Publikasi Ilmiah, yang pada intinya Kode Etika Publikasi Ilmiah ini intinya menjunjung tiga nilai etik dalam publikasi, yaitu

- (i) Kenetralan, yakni bebas dari pertentangan kepentingan dalam pengelolaan publikasi;
- (ii) Keadilan, yakni memberikan hak pengarang/penulis; dan
- (iii) Kejujuran, yakni bebas dari duplikasi, fabrikasi, falsifikasi, dan plagiarisme (DF2P) dalam publikasi.



FORMULIR BERLANGGANAN JURNAL INFOMATEK

Kepada Yth :

Ketua Penyunting Jurnal INFOMATEK
Fakultas Teknik Universitas Pasundan
Jl. Dr. Setiabudhi No. 193
Bandung 40153

Dengan hormat,

Bersama ini saya berkeinginan berlangganan Jurnal INFOMATEK selama kurun waktu Tahun
(minimal 1 tahun) dengan harga :

Rp. 250.000/2 nomor penerbitan (khusus perorangan)

Rp. 300.000/2 nomor penerbitan (khusus institusi)

(Biaya di atas sudah termasuk biaya kirim)

Mohon dicantumkan keterangan perorangan/institusi kami sebagai berikut :

Nama/Instansi : _____

Alamat pengiriman (sesuai yang diinginkan) :

Rumah/instansi :

Kota : _____

Kode Pos : _____

Biaya berlangganan jurnal INFOMATEK dikirim via transfer Norek Bank Mandiri 1320012677473
an. Universitas Pasundan Fakultas Teknik. Konfirmasi transfer disampaikan ke yonik@unpas.ac.id.

.....,

(_____)