

**PERBANDINGAN METODE PENGUJIAN KADAR KLORIN DALAM  
AIR MENGGUNAKAN *CHLORINE ANALYZER*, *CHLORINE TESTER*,  
DAN SPEKTROFOTOMETER UV-VIS DI LABORATORIUM PT  
MONDELÉZ INDONESIA MANUFACTURING**

**INDHIRA OLIFFIA PRAMESWARI  
NIM 2140144**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA  
ANALISIS KIMIA**



**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA  
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI  
POLITEKNIK AKA BOGOR  
BOGOR  
2023**

Perbandingan Metode Pengujian Kadar Klorin dalam Air  
Menggunakan Chlorine Analyzer, Chlorine Tester, dan  
Spektrofotometer UV-Vis di Laboratorium PT Mondelez Indonesia  
Manufacturing

**LAPORAN Magang dan PRAKTIK KERJA INDUSTRI**  
Digunakan Guna Melengkapi Syarat Pendidikan Diploma Tiga

Oleh :

**INDHIRA OLIFFIA PRAMESWARI**  
**NIM : 2140144**

Menyetujui,

Pembimbing I



Ditanda tangani secara digital oleh :  
**JOKO UNTUNG , M.Farm**

Pembimbing II



Ditanda tangani secara digital oleh :  
**RACHMAT SAPUTRA BIKI S.Si**

Mengetahui,

**Direktur Politeknik AKA Bogor**



Ditanda tangani secara digital oleh :  
**HENNY ROCHAENI, M.Pd**

**POLITEKNIK AKA BOGOR**  
**BOGOR**  
**2023**

## PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, Laporan Praktik Kerja Industri yang berjudul “PERBANDINGAN METODE PENGUJIAN KADAR KLORIN DALAM AIR MENGGUNAKAN *CHLORINE ANALYZER*, *CHLORINE TESTER*, DAN SPEKTROFOTOMETER UV-VIS DI LABORATORIUM PT MONDELĒZ INDONESIA MANUFACTURING” dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu sebagaimana mestinya dan tidak lepas dari bantuan maupun kerjasama dengan pihak lain. Berkenaan dengan hal tersebut, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat :

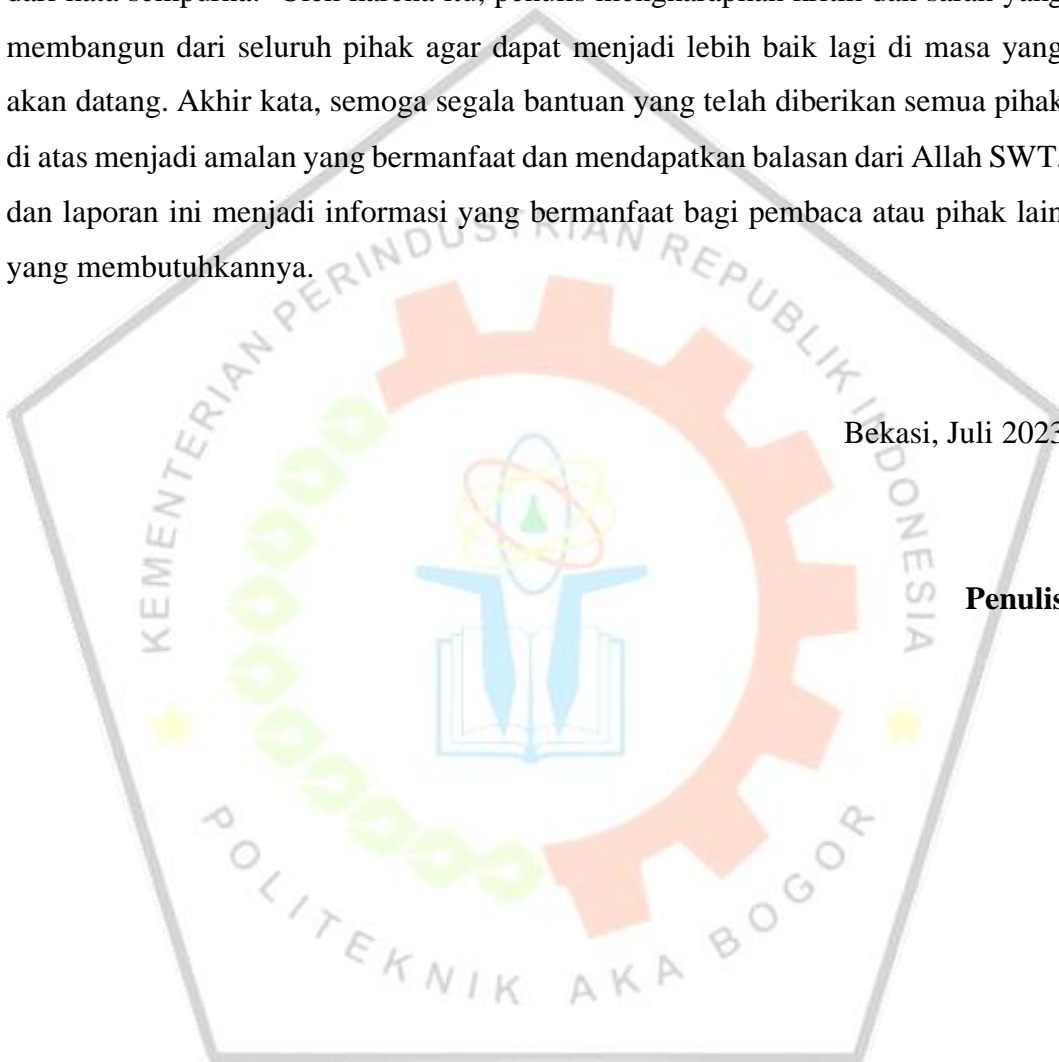
1. **Bapak Joko Untung, M.Farm.**, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan masukan selama kegiatan Praktik Kerja Industri dan penyusunan laporan Prakerin.
2. **Bapak Rachmat Saputra Biki, S.Si.**, selaku pembimbing institusi yang telah memberikan saran/masukan perbaikan selama kegiatan Prakerin berlangsung hingga tersusunnya laporan ini.
3. **Ibu Henny Rochaeni, M.Pd.**, selaku direktur Politeknik AKA Bogor.
4. **Ibu Bella Mellisani, M.Sc.**, selaku dosen wali yang telah memberi bimbingan kepada penulis selama masa pembelajaran di Politeknik AKA Bogor.
5. Seluruh **Staf Pengajar** dan **Civitas Akademik Politeknik AKA Bogor** atas bekal ilmu pengetahuan dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis.
6. **Ibu Fitri Yuliasari, Ibu Purwari, Bapak Danang Prasetiawan, Bapak Iwan Wahyuni**, dan keluarga besar **PT Mondelez Indonesia Manufacturing** yang telah membantu jalannya Prakerin sehingga kegiatan ini dapat terlaksana sesuai dengan yang diharapkan hingga tersusunnya laporan ini.
7. **Kedua Orang Tua** dan **Keluarga** sebagai pemberi motivasi terbesar, serta doa yang tidak pernah putus.
8. Rekan-rekan **Mahasiswa Politeknik AKA Bogor angkatan 62**, khususnya keluarga **SCANDIUMOTAXILENE** yang telah memberikan semangat, kritik, dan saran.

9. **Adinda Siti Nuralfi Syahrina dan M. Grage Aurell Sanu** selaku rekan dan sahabat yang selalu memberi semangat dan berbagi pengalaman selama melaksanakan Prakerin di PT Mondelez Indonesia Manufacturing.
10. Seluruh pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung atas bantuannya selama penyusunan Laporan Prakerin ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari seluruh pihak agar dapat menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga segala bantuan yang telah diberikan semua pihak di atas menjadi amalan yang bermanfaat dan mendapatkan balasan dari Allah SWT. dan laporan ini menjadi informasi yang bermanfaat bagi pembaca atau pihak lain yang membutuhkannya.

Bekasi, Juli 2023

**Penulis**



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>PRAKATA</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	2
1.3 Manfaat .....	3
<b>BAB II PELAKSANAAN PRAKTIK KERJA INDUSTRI</b> .....	4
2.1 Tempat dan Waktu .....	4
2.2 Bahan dan Alat.....	4
2.2.1 Bahan .....	4
2.2.2 Alat .....	4
2.3 Cara Kerja .....	4
2.3.1 Tahap Pengujian.....	4
2.3.1.1 Uji Kadar Klorin dengan <i>Chlorine Analyzer</i> .....	4
2.3.1.2 Uji Kadar Klorin dengan <i>Chlorine Tester</i> .....	4
2.3.1.3 Uji Kadar Klorin dengan Spektrofotometer UV-Vis .....	5
2.3.2 Tahap Pengolahan Data.....	5
2.3.2.1 Uji F .....	5
2.3.2.2 Uji t .....	6
<b>BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	8
3.1 Pengukuran Konsentrasi Klorin.....	9
3.2 Perbandingan Pengukuran (Uji F dan Uji t).....	13
<b>BAB IV SIMPULAN DAN SARAN</b> .....	16
4.1 Simpulan .....	16
4.2 Saran .....	16
<b>BAB V DAFTAR PUSTAKA</b> .....	17
<b>LAMPIRAN</b> .....	19

## DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Klorin Pada Sampel Air.....	13
2. Hasil Perhitungan Uji f dan Uji t <i>Chlorine Analyzer</i> dengan Spektrofotometer UV-Vis.....	14
3. Hasil Perhitungan Uji f dan Uji t <i>Chlorine Tester</i> dengan Spektrofotometer UV-Vis.....	14



## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Pembacaan Konsentrasi Klorin dalam Air dengan <i>Chlorine Analyzer</i> .....	10
2. Pengukuran Konsentrasi Klorin dalam Air dengan <i>Chlorine Tester</i> .....	10
3. Pengukuran Konsentrasi Klorin dalam Air dengan Spektrofotometer UV-Vis .....	11
4. Reaksi DPD dengan Klorin (FUADI, 2012).....	12



## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1.	Ringkasan Kegiatan Praktek Kerja Industri..... 20
2.	Perhitungan Hasil Pengukuran Konsentrasi Klorin dengan <i>Chlorine Analyzer</i> dan Spektrofotometer UV-Vis ..... 31
3.	Perhitungan Hasil Pengukuran Konsentrasi Klorin dengan <i>Chlorine Tester</i> dan Spektrofotometer UV-Vis..... 36



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Mondelēz International merupakan sebuah perusahaan terbesar kedua di dunia yang bergerak di bidang makanan dan minuman. Produk yang dihasilkan oleh Mondelēz diantaranya biskuit, coklat, dan minuman. PT Mondelēz Indonesia Manufacturing merupakan bagian dari Mondelēz International. Salah satu cabang terbesarnya yang berlokasi di Cikarang memproduksi biskuit dengan merek Oreo dan Ritz. PT Mondelēz Indonesia Manufacturing memiliki berbagai macam departemen, salah satunya adalah Departemen *Quality* yang bertugas untuk memastikan bahwa penerapan *Good Manufacturing Practices* (GMP) sudah terlaksana dengan baik, mencakup proses produksi hingga produk yang dihasilkan telah mencapai standar kualitas yang sudah ditentukan (KRISTIANI, 2017). Proses produksi ini berkaitan dengan bahan yang akan digunakan. Dalam memproduksi biskuit selama 24 jam, PT Mondelēz Indonesia Manufacturing membutuhkan berbagai macam bahan baku dan bahan tambahan yang sesuai dengan standar mutu yang berlaku serta tidak membahayakan ataupun merugikan kesehatan konsumen. Salah satu bahan baku yang digunakan dalam proses produksi biskuit adalah air.

Air yang digunakan dalam proses produksi ini berasal dari *Jababeka Water Treatment*. Air tersebut telah diolah dengan berbagai proses, salah satunya dengan penambahan klorin sebagai disinfektan (klorinasi). Klorinasi (*chlorination*) merupakan proses pemberian klorin ke dalam air yang telah menjalani proses filtrasi yang bertujuan untuk membunuh kuman dan mengoksidasi bahan-bahan kimia dalam air. Cara kerja klorin dalam membunuh mikroorganisme patogen yaitu dengan cara memecah ikatan kimia pada molekulnya seperti merubah atau merusak struktur ikatan enzim sehingga enzim pada mikroorganisme tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik dan sel atau bakteri akan mengalami kematian (FUADI, 2012). Namun, pemberian klorin tidak boleh berlebihan karena akan berdampak negatif terhadap kesehatan manusia. Dosis klorin yang berlebihan akan menimbulkan bau dan rasa yang berbeda pada air, dan jika dikonsumsi akan berpotensi merusak sistem pernapasan manusia seperti sakit dada hingga kesulitan bernapas. Oleh karena itu, pemberian klorin yang sesuai dengan batas ketentuan

sangatlah penting untuk dapat menjaga kesehatan yang ada dalam air sehingga layak dikonsumsi (MAULANA dkk, 2022).

Air yang digunakan selalu dipantau kandungan klorinnya dengan menggunakan tiga alat yang berbeda, yaitu *chlorine analyzer*, *chlorine tester*, dan spektrofotometer UV-Vis. Konsentrasi klorin dipantau selama 24 jam menggunakan alat *chlorine analyzer*. Kelebihan dari alat ini yaitu dapat mengukur konsentrasi klorin dalam air secara otomatis selama 24 jam melalui sensor yang terpasang di dalam pipa. Namun, sensor tersebut hanya terdapat pada satu titik sehingga konsentrasi dapat terukur hanya ketika air melewati sensor tersebut. Konsentrasi klorin yang terukur dengan *chlorine analyzer* kemudian dikonfirmasi kembali setiap hari menggunakan alat *chlorine tester*. Alat ini sangat sederhana sehingga dapat digunakan untuk pengujian cepat klorin di lapangan. Namun, alat ini memiliki skala yang tidak spesifik sehingga hasil pembacaannya berupa nilai perkiraan. Oleh karena itu, dilakukan pembacaan ulang dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mendapatkan nilai pengukuran yang lebih akurat. Syarat keberterimaan klorin dalam air mengacu pada Mondelēz Global Quality Policy dan Permenkes No. 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum parameter klorin sebagai disinfektan.

Pengukuran konsentrasi klorin dengan *chlorine analyzer* dan *chlorine tester* memberikan hasil yang kurang akurat, sehingga salah satu cara untuk memastikan keakuratan hasil pengukuran kedua alat tersebut adalah dengan melakukan perbandingan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil pengukuran yang diperoleh dibandingkan menggunakan uji beda nyata yaitu uji F dan uji t. Uji F digunakan untuk mengetahui keragaman hasil pengukuran. Sedangkan uji t dilakukan untuk mengetahui dua metode yang digunakan memiliki hasil yang berbeda nyata atau tidak.

## 1.2 Tujuan

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui hasil perbandingan metode penetapan kadar klorin menggunakan *chlorine analyzer*, *chlorine tester*, dan spektrofotometer UV-Vis apakah berbeda nyata atau tidak. Masing-masing hasil pengukuran dengan ketiga alat kemudian dibandingkan dengan syarat

keberterimaan yang ditetapkan Mondelez Global Quality Policy dan Permenkes No. 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum parameter klorin sebagai disinfektan.

### **1.3 Manfaat**

#### **1.3.1 Penulis**

Manfaat percobaan ini bagi penulis yaitu dapat menambah ilmu pengetahuan dan keterampilan mengenai perbandingan pengukuran menggunakan tiga alat yang berbeda. Percobaan ini juga dilakukan sebagai syarat menyelesaikan program studi diploma tiga Analisis Kimia di Politeknik AKA Bogor.

#### **1.3.2 Perusahaan**

Manfaat percobaan ini bagi perusahaan yaitu dapat digunakan sebagai informasi mengenai hasil perbandingan pengukuran kadar klorin menggunakan *chlorine analyzer*, *chlorine tester*, dan spektrofotometer UV-Vis.

#### **1.3.3 Pembaca**

Manfaat percobaan ini bagi pembaca yaitu dapat dijadikan literatur atau rujukan dalam penulisan ilmiah mengenai perbandingan pengukuran kadar klorin menggunakan *chlorine analyzer*, *chlorine tester*, dan spektrofotometer UV-Vis.

## BAB II PELAKSANAAN PRAKTIK KERJA INDUSTRI

### 2.1 Tempat dan Waktu

Percobaan ini merupakan bagian dari kegiatan praktik kerja industri (prakerin) yang dilaksanakan di PT Mondelez Indonesia Manufacturing, Jalan Jababeka VII, Wangunharja, Kec. Cikarang Utara, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. Kegiatan prakerin ini dilaksanakan pada bulan Februari hingga Juli 2023.

### 2.2 Bahan dan Alat

#### 2.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini terdiri atas bahan uji dan bahan kimia. Bahan uji yang digunakan berupa air yang berasal dari *Jababeka Water Treatment*. Bahan kimia yang digunakan adalah reagen  $\text{Cl}_2$ .

#### 2.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam percobaan ini terdiri atas alat utama dan alat penunjang. Alat utama yang digunakan antara lain *chlorine analyzer*, *chlorine tester*, dan spektrofotometer UV-Vis. Sedangkan alat penunjang atau alat gelas yang digunakan antara lain pipet volumetri 10 mL, piala gelas 500 mL, dan tabung reaksi.

### 2.3 Cara Kerja

#### 2.3.1 Tahap Pengujian

##### 2.3.1.1 Uji Kadar Klorin dengan *Chlorine Analyzer*

*Display* pada *chlorine analyzer* akan menampilkan konsentrasi klorin yang terkandung pada air yang melewati sensor yang terpasang di dalam pipa (sebelum memasuki aliran produksi). Konsentrasi klorin yang terdapat pada *display* alat dicatat.

##### 2.3.1.2 Uji Kadar Klorin dengan *Chlorine Tester*

Sampel yang telah ditampung dalam wadah diambil sebanyak 10 mL menggunakan pipet volumetri dan dimasukkan ke dalam tabung. Larutan sampel

ditambahkan 1 *microspoon* reagen  $\text{Cl}_2$  ke dalamnya. Larutan dihomogenkan dan ditunggu 1 menit hingga warna stabil (merah keunguan). Dimasukkan *colorimetric disk* pada alat *chlorine tester* sampai kotak warna dan nilai kadarnya terlihat. Tabung yang berisi larutan sampel dibandingkan warnanya dengan *colorimetric disk* dengan cara memutar *colorimetric disk* hingga diperoleh warna yang mendekati larutan sampel. Nilai kadarnya dibaca dan dicatat.

### 2.3.1.3 Uji Kadar Klorin dengan Spektrofotometer UV-Vis

Pada alat spektrofotometer, dipilih menu pembacaan konsentrasi dan dipilih ukuran kuvet yang digunakan. Pada tombol menu ditekan *call/enter*, kemudian dipilih *setup meter* dan dipilih penyesuaian nol. Alat akan meminta untuk dimasukkan *Zero Cell* ke dalam lubang sel dan ditunggu hingga hasil pada *display* menunjukkan “bulat OK”. Kemudian dipilih kembali menu konsentrasi dan dimasukkan *Autoselector*  $\text{Cl}_2$ . Sampel diambil sebanyak 10 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Larutan sampel ditambahkan 1 *microspoon* reagen  $\text{Cl}_2$  ke dalamnya. Larutan dihomogenkan dan ditunggu 1 menit hingga bereaksi (larutan merah keunguan). Setelah 1 menit, larutan dimasukkan ke dalam kuvet 10 mm. Kemudian, kuvet dimasukkan ke dalam spektrofotometer dan dilakukan pembacaan. Hasil pengukuran dicatat.

## 2.3.2 Tahap Pengolahan Data

### 2.3.2.1 Uji F

Uji F digunakan untuk mengetahui perbandingan sebaran dua kumpulan data hasil pengulangan pengujian dari sampel yang sama. Uji F merupakan perbandingan dua simpangan baku data hasil pengulangan pengujian. Hasil pengolahan data Uji F terdapat dua kemungkinan, yaitu berbeda nyata atau tidak berbeda nyata. Hasil uji F yang berbeda nyata menunjukkan bahwa  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ , sedangkan hasil uji F yang tidak berbeda nyata menunjukkan hasil  $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$ . Berikut ini merupakan tahapan dalam melakukan uji F (GANI & AMALIA, 2021) :

1. Menentukan Hipotesis

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \text{ (ragam kedua populasi tidak berbeda nyata)}$$

$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$  (ragam kedua populasi berbeda nyata)

- Menentukan F hitung dan F tabel

F hitung =  $\frac{SB_1^2}{SB_2^2}$  dengan  $SB_1^2 > SB_2^2$

F tabel : titik  $\alpha = 0,05$  ;  $db_1, db_2 = n-1$

Keterangan :

$SB_1^2$  : simpangan baku hasil analisis dengan nilai paling besar

$SB_2^2$  : simpangan baku hasil analisis dengan nilai paling kecil

- Interpretasi

Jika F hitung  $<$  F tabel, maka terima  $H_0$  artinya ragam kedua populasi tidak berbeda nyata.

Jika F hitung  $>$  F tabel, maka tolak  $H_0$  atau terima  $H_1$  artinya ragam kedua populasi berbeda nyata.

### 2.3.2.2 Uji t

Uji t digunakan untuk menguji rataan dari dua populasi atau lebih. Hasil yang diperoleh dari pengujian tersebut adalah berbeda nyata atau tidak berbeda nyata. Hasil uji t yang berbeda nyata menunjukkan bahwa t hitung  $>$  t tabel, sedangkan hasil uji t yang tidak berbeda nyata menunjukkan hasil t hitung  $<$  t tabel. Data yang diuji rataannya adalah data konsentrasi klorin pada sampel air dengan 10 kali pengulangan. Berikut ini merupakan tahapan dalam melakukan uji t (GANI & AMALIA, 2021) :

- Menentukan Hipotesis

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$  (rata-rata hasil kedua pengukuran tidak berbeda nyata)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$  (rata-rata hasil kedua pengukuran berbeda nyata)

- Menentukan t hitung dan t tabel

Jika ragam kedua populasi tidak berbeda nyata maka :

$$SB^2 = \frac{(n1 - 1)SB1^2 + (n2 - 1)SB2^2}{n1 + n2 - 2}$$

$$SB = \sqrt{SB^2}$$

$$t \text{ hitung} = \frac{\bar{X1} - \bar{X2}}{SB \sqrt{\frac{1}{n1} + \frac{1}{n2}}}$$

$$t \text{ tabel} : t = \frac{\alpha}{2} = db = n1 + n2 - 2$$

Jika ragam populasi berbeda nyata maka :

$$t \text{ hitung} = \frac{\bar{X1} - \bar{X2}}{\sqrt{\frac{SB1^2}{n1} + \frac{SB2^2}{n2}}}$$

Derajat bebas untuk t tabel diperoleh dari:

$$t \text{ tabel} = \left\{ \frac{\left( \frac{SB1^2}{n1} + \frac{SB2^2}{n2} \right)^2}{\left( \frac{SB1^2}{n1+1} \right)^2 + \left( \frac{SB2^2}{n2+1} \right)^2} \right\} - 2$$

$$t \text{ tabel} : t = \frac{\alpha}{2} = db = \text{hasil rumus di atas}$$

Keterangan :

SB : Simpangan baku

n : Jumlah pengulangan

x : Rata-rata hasil pengukuran

### 3. Interpretasi

Jika  $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$  maka terima  $H_0$  artinya rata-rata kedua populasi tidak berbeda nyata.

Jika  $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$  maka tolak  $H_0$  atau terima  $H_1$  artinya rata-rata kedua populasi berbeda nyata.

### BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN

Klorin ( $\text{Cl}_2$ ) adalah salah satu unsur kimia yang jarang ditemukan dalam bentuk bebas. Pada umumnya klorin dijumpai dalam bentuk terikat dengan unsur atau senyawa lain. Klorin banyak digunakan dalam berbagai industri untuk menghasilkan produk yang bermanfaat bagi manusia. Salah satu penggunaan klorin yaitu sebagai disinfektan pada pengolahan air minum (HAKIM, 2018). Klorin yang digunakan sebagai disinfektan adalah gas klor ( $\text{Cl}_2$ ) atau dalam bentuk asam hipoklorit ( $\text{HOCl}$ ). Penggunaan klorin sebagai disinfektan pada air minum merupakan hal yang sangat berarti bagi peningkatan kualitas kesehatan manusia.

Menurut SOFYAN (2018), klorin sebagai disinfektan terutama bekerja dalam bentuk asam hipoklorit ( $\text{HOCl}$ ) dan sebagian kecil dalam bentuk ion hipoklorit ( $\text{OCl}^-$ ). Klorin dapat bekerja dengan efektif sebagai disinfektan jika berada dalam air dengan pH netral. Jika nilai pH air lebih dari 8,5 maka 90% dari asam hipoklorit itu akan mengalami ionisasi menjadi ion hipoklorit ( $\text{OCl}^-$ ) sehingga khasiat disinfektan menjadi lemah atau berkurang. Klorin membutuhkan waktu untuk membunuh semua mikroorganisme patogen. Pada air yang bersuhu lebih tinggi atau sekitar  $18^\circ\text{C}$ , klorin harus berada dalam air paling tidak selama 30 menit. Jika air lebih dingin, waktu kontak harus ditingkatkan. Karena itu biasanya klorin ditambahkan ke dalam air segera setelah air dimasukkan ke dalam tangki penyimpanan atau pipa penyalur agar zat kimia tersebut mempunyai cukup waktu untuk bereaksi dengan air.

Klorin sebagai disinfektan perlu diperhatikan konsentrasinya agar tidak memberi dampak yang negatif bagi manusia. Berdasarkan Permenkes No. 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum batas maksimal klorin sebagai disinfektan yaitu 5 mg/L, sedangkan syarat keberterimaan klorin dalam air yang ditetapkan Mondelēz Global Quality Policy berada pada range 0,1 – 5 mg/L. Mondelēz Global Quality Policy merupakan kebijakan yang dikeluarkan oleh Mondelēz Global untuk menyediakan makanan yang aman untuk dimakan dan dinikmati konsumen. Mondelēz Global berkomitmen untuk memberikan produk berkualitas tinggi. Salah satu cara untuk mencapainya adalah dengan memastikan kekuatan sistem keamanan dan kualitas pangan. Oleh karena itu, kebijakan tersebut

harus diperhatikan dan ditaati yaitu dengan tercapainya semua standar atau syarat keberterimaan yang ditetapkan.

### 3.1 Pengukuran Konsentrasi Klorin

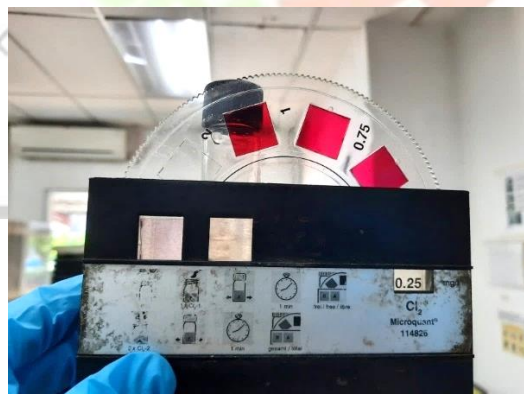
Konsentrasi klorin dipantau dengan cara melakukan pengukuran menggunakan 3 alat yang berbeda, yaitu *chlorine analyzer*, *chlorine tester*, dan spektrofotometer UV-Vis. Ketiga alat ini memiliki fungsi yang sama yaitu untuk mengetahui konsentrasi klorin dalam air yang akan digunakan, hanya saja waktu dan kondisi penggunaannya yang berbeda. *Chlorine analyzer* digunakan untuk memantau konsentrasi klorin selama 24 jam agar tetap berada dalam range keberterimaan. Kemudian dilakukan pengukuran konsentrasi klorin setiap hari menggunakan *chlorine tester* untuk mengetahui apakah konsentrasi klorin masih berada dalam range keberterimaan. Hasil pembacaan dengan *chlorine tester* ini dikonfirmasi kembali menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui apakah hasil pembacaannya sesuai atau tidak, karena alat *chlorine tester* sangat sederhana dan tidak memiliki skala yang spesifik.

*Chlorine analyzer* memiliki *probe* yang terpasang pada pipa yang akan dialiri air. *Probe* tersebut memiliki sensor yang dapat mengukur konsentrasi klorin pada air yang berada di dalam pipa sebelum memasuki aliran produksi. Sensor tersebut hanya terpasang pada satu titik saja sehingga konsentrasi klorin yang dapat terukur hanya ketika air pada pipa melewati sensor tersebut. Prinsip dari alat *chlorine analyzer* yaitu senyawa kimia tertentu akan menghasilkan arus listrik pada sensor yang sebanding dengan konsentrasinya dalam air. Arus listrik ini dibaca oleh sensor saat air terus mengalir melintasi membran *probe* dengan kecepatan terkendali. Jika konsentrasi klorin yang terukur pada alat terdeteksi rendah, maka alat ini akan menginjeksi larutan standar klorin ke dalam pipa secara otomatis sehingga konsentrasinya bertambah. Akan tetapi, jika konsentrasi klorin terdeteksi tinggi maka alat ini akan berhenti menginjeksi secara otomatis. Keunggulan dari alat ini yaitu dapat memantau konsentrasi klorin selama 24 jam. Gambar 1 menunjukkan contoh pembacaan konsentrasi klorin dengan *chlorine analyzer*.



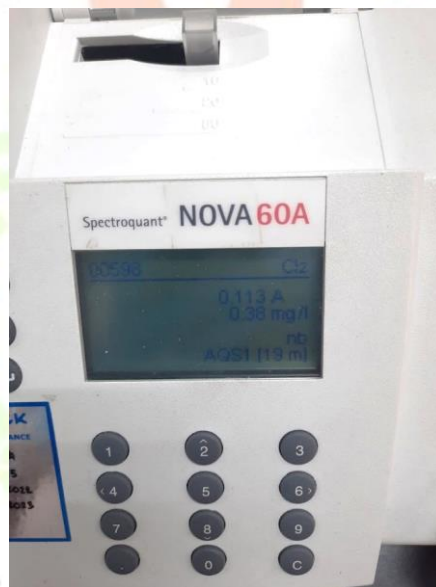
Gambar 1. Pembacaan Konsentrasi Klorin dalam Air dengan *Chlorine Analyzer*

*Chlorine tester* merupakan sebuah *test kit* sederhana yang digunakan untuk pengujian klorin secara cepat ketika berada di lapangan. Prinsip dari alat ini yaitu konsentrasi klorin diukur secara semikuantitatif dengan perbandingan warna secara visual dari larutan yang akan diukur dengan *colorimetric disk*. Pada pengujian ini menggunakan reagen  $\text{Cl}_2$  berupa DPD (N, N-diethyl-p-phenylenediamine) yang ditambahkan ke dalam sampel sebelum pengukuran untuk membentuk warna merah keunguan (SUPELCO, 2019). Skala konsentrasi yang terdapat pada alat ini yaitu 0; 0.25; 0.50; 0.75; 1; 2; 4; 7; 10 dan 15 mg/L. Alat ini tidak memiliki skala yang spesifik sehingga perlu dilakukan konfirmasi ulang terhadap hasil pembacaannya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Contoh pengukuran sampel dengan *chlorine tester* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengukuran Konsentrasi Klorin dalam Air dengan *Chlorine Tester*

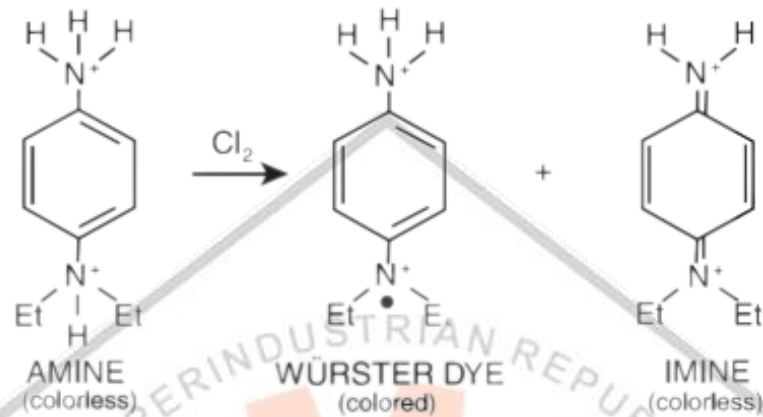
Pengujian klorin menggunakan spektrofotometer UV-Vis ini dilakukan di laboratorium kimia. Prinsip dari spektrofotometer UV-Vis adalah interaksi antara energi dengan materi. Pengujian dengan spektrofotometer UV-Vis jenis ini termasuk cepat untuk dilakukan karena menggunakan *autoselector* Cl<sub>2</sub> sehingga tidak perlu menyeleksi panjang gelombang terlebih dahulu. Metode ini dipilih secara otomatis melalui pemindaian *barcode* oleh *autoselector*. Semua format sel yang digunakan diidentifikasi secara otomatis dan rentang pengukuran yang benar dipilih secara otomatis (SUPELCO, 2020). Pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis ini memberikan hasil yang paling akurat di antara ketiga alat yang digunakan sehingga dijadikan acuan untuk pengukuran klorin dengan *chlorine analyzer* dan *chlorine tester*. Contoh pengukuran sampel dengan spektrofotometer UV-Vis dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengukuran Konsentrasi Klorin dalam Air dengan Spektrofotometer UV-Vis

Pengukuran konsentrasi klorin pada sampel air menggunakan *chlorine tester* dan spektrofotometer UV-Vis dilakukan dengan metode DPD (N, N-diethyl-p-phenylenediamine). Amina DPD teroksidasi oleh klorin menghasilkan dua senyawa. Pada pH netral, senyawa hasil oksidasi yang utama dihasilkan adalah *semi-quinoid cationic* atau yang dikenal sebagai Wurster dye. Senyawa tersebut relatif stabil untuk menghasilkan warna merah keunguan (magenta). DPD dapat teroksidasi lebih jauh menjadi senyawa yang tidak stabil dan tidak berwarna. Ketika DPD bereaksi dengan klorin dalam jumlah kecil pada pH yang hampir netral,

Wurster dye adalah produk utama yang dihasilkan. Pada tingkatan oksidasi yang lebih tinggi, produk utama yang dihasilkan dari proses oksidasi DPD adalah formasi imine yang tidak berwarna dan tidak stabil (FUADI, 2012). Reaksi DPD dengan klorin dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Reaksi DPD dengan Klorin (FUADI, 2012)

Pada percobaan ini, dilakukan pengukuran konsentrasi klorin pada sampel air yang sama menggunakan *chlorine analyzer*, *chlorine tester*, dan spektrofotometer UV-Vis. Pengukuran konsentrasi klorin pada sampel air dengan masing-masing alat dilakukan sebanyak 10 kali ulangan. Data hasil pengukuran konsentrasi klorin pada sampel air dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Klorin Pada Sampel Air

Ulangan	Konsentrasi Klorin (mg/L)			Mondelez Global Quality Policy (mg/L)
	Chlorine Analyzer	Chlorine Tester	Spektrofotometer UV-Vis	
1	0,43	0,32	0,36	0,1 – 5
2	0,43	0,38	0,37	
3	0,42	0,44	0,40	
4	0,42	0,44	0,40	
5	0,42	0,38	0,37	
6	0,42	0,38	0,38	
7	0,42	0,32	0,35	
8	0,42	0,32	0,36	
9	0,43	0,44	0,41	
10	0,43	0,44	0,41	
Rerata	0,42	0,39	0,38	

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran konsentrasi klorin dari tiga alat yang berbeda, yaitu *chlorine analyzer*, *chlorine tester*, dan spektrofotometer UV-Vis. Hasil pengukuran konsentrasi klorin pada sampel air didapatkan masing-masing 0,42 mg/L dengan *chlorine analyzer*; 0,39 mg/L dengan *chlorine tester*, dan 0,38 mg/L dengan spektrofotometer UV-Vis. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi klorin memenuhi persyaratan Mondelez Global Quality Policy yaitu 0,1 – 5 mg/L dan Permenkes No. 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dimana batas maksimal klorin sebagai disinfektan yaitu 5 mg/L.

### 3.2 Perbandingan Pengukuran (Uji F dan Uji t)

Hasil pengukuran konsentrasi klorin dari ketiga alat yang telah memenuhi syarat keberterimaan ini kemudian dilakukan uji perbandingan yang bertujuan untuk menentukan apakah masing-masing alat *chlorine analyzer* dan *chlorine tester* berbeda nyata dengan spektrofotometer UV-Vis atau tidak.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Uji f dan Uji t *Chlorine Analyzer* dengan Spektrofotometer UV-Vis

Alat	f hitung	f tabel	t hitung	t tabel	Kesimpulan
Chlorine Analyzer	18,71	3,18	5,93	2,228	Berbeda Nyata
Spektrofotometer UV-Vis					

Tabel 3. Hasil Perhitungan Uji f dan Uji t *Chlorine Tester* dengan Spektrofotometer UV-Vis

Alat	f hitung	f tabel	t hitung	t tabel	Kesimpulan
Chlorine Tester	5,53	3,18	0,28	2,160	Tidak Berbeda Nyata
Spektrofotometer UV-Vis					

Uji f dilakukan untuk mengetahui keragaman hasil pengukuran. Hasil yang diperoleh dari uji f berupa nilai f hitung yang akan dibandingkan dengan nilai f tabel yang diperoleh berdasarkan derajat bebas pada setiap pengulangan metode dan dengan selang kepercayaan 95%. Jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima sehingga dua kelompok data dinyatakan berbeda nyata. Jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak sehingga dua kelompok data dinyatakan tidak berbeda nyata (WIDANA & MULIANI, 2020). Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan uji f dan uji t antara *chlorine analyzer* dengan spektrofotometer UV-Vis dimana nilai  $f_{hitung} > f_{tabel}$  ( $18,71 > 3,18$ ). Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan uji f dan uji t antara *chlorine tester* dengan spektrofotometer UV-Vis dimana nilai  $f_{hitung} > f_{tabel}$  ( $5,53 > 3,18$ ). Dengan demikian  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak, maka keputusan hipotesis terima  $H_1$  yang artinya simpangan baku *chlorine analyzer* dengan spektrofotometer UV-Vis, dan simpangan baku *chlorine tester* dengan spektrofotometer UV-Vis berbeda nyata. Perhitungan uji f dapat dilihat pada lampiran 2 dan lampiran 3.

Uji t dilakukan untuk mengetahui perbedaan rata-rata dua populasi/kelompok data. Nilai t hitung yang diperoleh dibandingkan dengan t tabel. Jika  $t_{hitung} > t_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima sehingga dua kelompok data dinyatakan berbeda secara signifikan atau berbeda nyata. Jika  $t_{hitung} < t_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak sehingga dua kelompok data dinyatakan tidak berbeda secara signifikan atau tidak berbeda nyata (NURYADI dkk, 2017). Nilai t

tabel didapatkan berdasarkan pengulangan masing-masing metode yang biasa disebut derajat bebas. Pada Tabel 2 diperoleh nilai t hitung sebesar 5,93 dan nilai t tabel sebesar 2,228. Pada Tabel 3 diperoleh nilai t hitung sebesar 0,28 dan nilai t tabel sebesar 2,160. Nilai t hitung yang diperoleh dari perhitungan uji t *chlorine tester* dan spektrofotometer UV-Vis lebih kecil dari t tabel ( $0,28 < 2,160$ ). Hasil tersebut menyatakan bahwa dengan tingkat kepercayaan 95%, pengulangan pengukuran yang dihasilkan dari kedua alat tersebut memiliki rerata yang tidak berbeda nyata. Sedangkan nilai t hitung yang diperoleh dari perhitungan uji t *chlorine analyzer* dan spektrofotometer UV-Vis lebih besar dari t tabel ( $5,93 > 2,228$ ). Hasil tersebut menyatakan bahwa dengan tingkat kepercayaan 95%, dua kumpulan data pengulangan pengukuran yang dihasilkan dari kedua alat tersebut memiliki rerata yang berbeda nyata. Perhitungan uji t dapat dilihat pada lampiran 2 dan lampiran 3. Menurut **NURYADI** dkk (2017), pada perhitungan uji t seringkali diperoleh hasil negatif. Hal ini dapat terjadi karena rumus yang digunakan adalah mencari selisih antara rata-rata dari kedua variabel. Karena rata-rata yang diperoleh dari variabel 1 lebih kecil dibandingkan rata-rata dari variabel 2 maka diperoleh selisih nilai yang negatif. Meskipun demikian, yang penting untuk diperhatikan adalah nilai t hitungnya, yaitu apakah lebih besar atau lebih kecil dari nilai t tabel. Jika nilai t hitung lebih besar daripada nilai t tabel maka nilai t signifikan atau berbeda nyata, sedangkan jika nilai t hitung lebih kecil daripada nilai t tabel maka nilai t tidak signifikan atau tidak berbeda nyata.

Berdasarkan hasil perhitungan, terdapat hasil uji t yang berbeda nyata. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh ketelitian alat, karena pengukuran dilakukan menggunakan alat yang masing-masing memiliki spesifikasi dan tingkat akurasi yang berbeda. Menurut **GUNAWAN** (2020), faktor lain yang dapat mempengaruhi pengukuran konsentrasi klorin adalah suhu (temperatur) yang berpengaruh pada penurunan konsentrasi klorin. Klorin bersifat mudah menguap sehingga dengan terjadinya kenaikan temperatur akan dapat mempercepat penguapan yang akan menyebabkan semakin banyak konsentrasi klorin yang hilang.

## BAB IV SIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Simpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengukuran konsentrasi klorin menggunakan *chlorine analyzer* memberikan hasil yang berbeda nyata dengan pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sedangkan pengukuran konsentrasi klorin menggunakan *chlorine tester* memberikan hasil yang tidak berbeda nyata dengan spektrofotometer UV-Vis. Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi klorin pada sampel air minum, seluruh hasil telah memenuhi syarat keberterimaan yang ditetapkan oleh Mondelēz Global Quality Policy dan Permenkes No. 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum parameter klorin sebagai disinfektan.

### 4.2 Saran

Pengujian kadar klorin pada sampel air tidak perlu menggunakan *chlorine tester* karena jarak antara lokasi sampling dengan laboratorium tidak terlalu jauh sehingga sampel dapat ditampung terlebih dahulu kemudian dilakukan pengujian di laboratorium dengan spektrofotometer UV-Vis.

## BAB V DAFTAR PUSTAKA

- FAUZI, L. A., YUTRISYA, A., RACHMATIYAH, N., & SAPANLI, K.** 2018. *Analisis Penggunaan Air Untuk Industri di Tangerang*, hlm. 58-64. Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2018. Palembang.
- FUADI, AZHAR.** 2012. Pengaruh Residual Klorin Terhadap Kualitas Mikrobiologi Pada Jaringan Distribusi Air Bersih (Studi Kasus : Jaringan Distribusi Air Bersih IPA Cilandak). *Skripsi*. Program Studi Teknik Lingkungan FT UI. Depok.
- GANI, I., & AMALIA, S.** 2021. *Alat Analisis Data: Aplikasi Statistik untuk Penelitian Bidang Ekonomi & Sosial*. Edisi Revisi. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- GUNAWAN, I. W. A.** 2020. Analisis Konsentrasi Klor Aktif Pada Saluran Distribusi Air PDAM Kabupaten Buleleng. *International Journal of Applied Chemistry Research*, 2(1): 1-7.
- HAKIM, C. A.** 2018. Evaluasi Kualitas Air Minum (Klor Bebas, *Escherichia coli*, dan pH) Pada Jaringan Distribusi PDAM Bantul Unit Sewon. *Skripsi*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII. Yogyakarta.
- HASAN, A.** 2006. Dampak Penggunaan Klorin. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 7(1): 90-96.
- KRISTIANI, E.** 2017. Pengendalian Mutu Proses Pembuatan Produk Roma Kelapa di PT. Mayora Indah Tbk. Divisi Biskuit Jayanti. *Skripsi*. Jurusan Teknologi Pangan FTP Unika. Semarang.
- MAULANA, M., JATMIKA, S. E. D., ARDI, S. Z., & HARTUTI, E. P.** 2022. Kadar Klorin pada Es Batu di Jalan Prof Dr Soepomo Kota Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan dan Pengelolaan Lingkungan*, 3(2): 45-55.

**NURYADI, ASTUTI, T. D., UTAMI, E. S., & BUDIANTARA, M.** 2017. *Dasar-Dasar Statistik Penelitian*. Edisi ke-1. SIBUKU MEDIA. Universitas Mercu Buana. Yogyakarta.

**PERATURAN MENTERI KESEHATAN Air Min.** 2010. *Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 tentang Persyaratan Kualitas um*. Menteri Kesehatan. Jakarta.

**SOFYAN, D. K.** 2018. Peramalan Kebutuhan Klorin ( $Cl_2$ ) Pada Bagian Produksi Di PT Pupuk Iskandar Muda. *Industrial Engineering Journal*, 7(1): 30-35.

**SUPELCO.** 2019. *MQuant: Chlorine Test*. Merck. Germany.

**SUPELCO.** 2020. *Spectroquant NOVA 60A: Operating Manual*. Merck. Germany.

**WIDANA, I. W., & MULIANI, P. L.** 2020. *Uji Persyaratan Analisis*. Edisi ke-1. KLIK MEDIA. Lumajang.

