

Optimalisasi Kondensor dan Otomasi Kontrol Mesin Distilator Sederhana Laboratorium Teknologi Rekayasa Pangan

Optimalization of Condenser and Automation Control Simple Distillation Machine in Food Engineering Technology Laboratory

Angga Herviona Ikhwanudin ^{1*}, Mirma Prameswari Narendro ², Nurul Widadi ¹

¹ Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

² UPT Laboratorium Biosains, Politeknik Negeri Jember

* angga_herviona@polije.ac.id

SUBMITTED : JAN 10, 2022

ACCEPTED : FEB 20, 2022

PUBLISHED : FEB 28, 2022

ABSTRAK

Alat ini dapat menghasilkan akuades dengan kualitas yang sudah sesuai berdasarkan SNI 01-6241-2000 dan SNI 01-3553-2006 dengan 3 parameter utama yaitu TDS, pH, dan DHL. Namun, alat destilasi tersebut memiliki beberapa kekurangan, diantaranya suhu pada kolom air pendingin terlalu tinggi, perawatan dan pemeliharaan pada kolom destilat juga cukup sulit dilakukan dan belum adanya otomasi alat pada panel kontrol. Peneliti kemudian melakukan modifikasi pada mesin tersebut dengan melakukan beberapa penambahan komponen yaitu penggantian mur biasa menjadi mur kuping M10 pada tutup kolom destilasi, penambahan material styrofoam untuk menurunkan laju aliran panas pada bak pendingin air, penambahan sensor air dan aksesoris timer heles, penambahan dimer pompa pada kabel pompa air, penggantian pompa dengan daya yang lebih tinggi dari sebelumnya untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi air pendingin, serta air sumur yang digunakan sebagai sumber bahan baku pembuatan akuades difilter terlebih dahulu dengan filter air yang telah ditambahkan pada kran sumber air. Pengujian kebocoran juga telah dilakukan terhadap mesin yang telah dimodifikasi. Selain itu, air destilat (akuades) yang dihasilkan dari mesin destilasi yang telah dimodifikasi akan dilakukan uji mutu dengan menggunakan parameter kimia dan biologis berdasarkan syarat mutu air reagen ASTM D1 193-91. Peneliti akan menguji hasil akuades yang dihasilkan oleh alat destilasi sederhana dengan akuades merk UD Makmur, akuades merk Aneka Kimia, air minum kemasan Cleo dan air sumur. Hal ini dilakukan sebagai pembandingan.

Kata kunci — Akuades, Destilasi, Kondensor, Otomasi, ASTM

ABSTRACT

This machine can produce aquadest with good quality based on SNI 01-6241-2000 and SNI 01-3553-2006 with 3 main parameters such as TDS, pH, and EC. But, this machine has some drawbacks such as the temperature in the water cooler container is too high, the maintenance in water condenser is pretty difficult, and the otomation control on control panel doesn't available. Based on this issue, we modified the machine by adding some components such as we changed the distillation column lid nut with ear nut M10, we added styrofoam for decrease heat flow rate in the water cooler container, we added water sensor, timer heles and water pump dimmer, we increased the power of water cooler efectivity and efficiency by using a new water pump, and we appended a water filter in water source that used for the water cooler and the water distillation. We tested for leaks on the modified distillation machine. Besides that, aquadest produced by this machine will be test its quality based on reagent water parameter ASTM D1 193-91. We also compared the quality test result with another aquadest that produce in the local market

Keywords — Aquadest, distillator, otomation, ASTM, SNI

 OPEN ACCESS

© 2022. Angga Herviona Ikhwanudin, Mirma Prameswari Narendro, Nurul Widadi



Creative Commons
Attribution 4.0 International License

1. Pendahuluan

Mesin ini sangatlah dibutuhkan oleh laboratorium pendidikan, khususnya pada Laboratorium Teknologi Rekayasa Pangan terutama untuk memenuhi kebutuhan aquades dalam setiap kegiatan praktikum maupun non praktikum.

Laboratorium TRP telah memiliki mesin destilator sederhana yang dirancang oleh Angga dkk, 2020. Alat yang telah dirancang tersebut masih terdapat kekurangan yang perlu dioptimalisasi lagi. Pada proses destilasi pada suhu air pendingin masih tinggi yakni sekitar 60° - 70° C. Tingginya suhu pada air pendingin menjadi faktor suhu pada kondensor mengalami abnormalisasi dimana kondensor merupakan alat pengatur panas, dengan proses perpindahan panas terjadi dari suatu fluida kerja yang temperaturnya tinggi ke fluida kerja yang temperaturnya rendah. Perubahan fasa dari fluida kerja bertemperatur tinggi pada kondisi tekanan dan temperatur konstan (uap ke cair)[1] menyebabkan waktu pendinginan kurang efisien. Oleh karena itu, peneliti ingin mempercepat waktu pembuatan aquades (sebelumnya yaitu 2,17 L/jam) dengan menambahkan isolator berupa air garam, kolom stainless dan lapisan styrofoam.

Peneliti juga memodifikasi kondensor dengan menambahkan komponen pendukung lain berupa mur kuping pada penutup kolom destilasi. Pemasangan tersebut bertujuan mempermudah dalam perawatan dan pemeliharaan, yang mana sebelumnya penutup kolom destilasi masih menggunakan mur M10 biasa dan harus menggunakan alat perkakas untuk membukanya.

Belum adanya kontrol otomatis pada mesin ini akan mempersulit pengguna dalam mengatur volume yang masuk pada kolom destilasi, sehingga peneliti menambahkan kontrol otomatis yang akan digunakan untuk mengontrol volume pada kolom destilasi dan air destilasi yang dimasukkan akan sesuai dengan takaran. Pengguna juga tak perlu khawatir apabila terjadi kelalian dalam proses destilasi, mesin akan mati secara otomatis apabila selang indikator sudah mencapai ambang bawah.

Air destilat (aquades) yang dihasilkan akan diuji kualitasnya dengan memperhatikan

beberapa parameter, antara lain nilai pH (Potential Hydrogen), TDS (Total Dissolved Solid), DHL (Daya Hantar Listrik), C-Organik, TPC (Total Plate Count), Si (Silicon), Na (Sodium), dan Cl (Chloride) (disatur dari syarat mutu air reagen ASTM D1 193-91) serta dibandingkan nilai parameter tersebut dengan berbagai merk akuades dan air minum kemasan (Cleo).

Berdasarkan latar belakang di atas maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

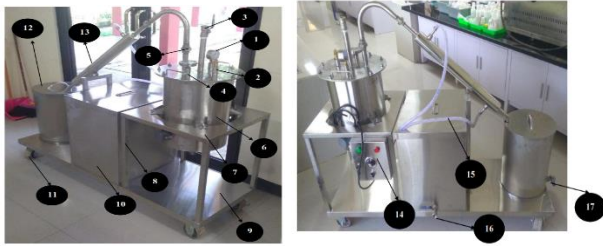
- Meningkatkan kinerja mesin destilator sederhana menjadi lebih efektif dan efisien dari segi waktu dan biaya.
- Mempermudah penggunaan alat dengan adanya kontrol otomatis sehingga mengurangi human error.
- Mempermudah perawatan dan pemeliharaan mesin destilator sederhana di Laboratorium Teknologi Rekayasa Pangan.
- Meningkatkan mutu air destilat yang dihasilkan berdasarkan parameter kimia dan biologis.
- Meningkatkan kompetensi laboratorium dan PLP untuk mendukung tri dharma pendidikan Politeknik Negeri Jember.

Referensi ilmiah diperlukan untuk mendukung penelitian ini agar dapat berjalan sesuai yang diharapkan. Peneliti melakukan studi literatur yang dapat diuraikan sebagai berikut:

1.1. Alat Destilasi Sederhana Dana PNBP Polije 2020

Alat destilasi sederhana dana PNBP POLIJE 2020 (Gambar 1) merupakan alat destilasi yang telah dirancang oleh Angga dkk., yang didanai oleh dana PNBP POLIJE 2020. Alat destilasi tersebut dirancang supaya Laboratorium TRP dapat menghasilkan akuades secara mandiri demi kebutuhan praktikum dan penelitian.[2]





Keterangan Gambar:

1. Pressure Gauge;
2. Safety Valve;
3. Input air yang akan didistilasi;
4. Termometer Bulat;
5. Pipa penghubung kolom destilasi dengan kondensor;
6. Kolom destilasi;
7. Meja penahan kolom destilasi;
8. Rangka kolom destilasi;
9. Landasan alat destilasi;
10. Kolom air pendingin;
11. Roda penggerak;
12. Kolom penampung air destilat;
13. Kondensor;
14. Panel thermostat;
15. Selang sirkulasi air pendingin;
16. Kran output air pendingin;
17. Kran output air destilat.

Gambar 1. Destilator sederhana dan PNPB tampak samping dan depan

1.2. Rangkaian Sensor Air

Komponen pada rangkaian sensor air diantaranya:

1.2.1. IC NE555

IC NE555 ini digunakan untuk timer (pewaktu) dengan operasi rangkaian monostable dan pulse generator (pembangkit pulsa) dengan operasi rangkaian astable. IC NE555 ini memiliki 8 pin yang tiap kakinya memiliki konfigurasi yang berbeda beda[3]. Cara kerja IC NE555 yaitu bagian trigger, berfungsi memberikan trigger atau perintah ke IC 555 sebagai tanda proses timer dimulai. Bagian THRESHOLD, biasanya diberi kapasitor dan resistor variable untuk kecepatan waktu On Off agar dapat diatur sesuai keinginan.

1.2.2. Relay

Relay adalah komponen elektronika yang berupa saklar atau switch elektrik yang dioperasikan menggunakan listrik. Komponen relay menggunakan prinsip elektromagnetik

sebagai penggerak kontak saklar, sehingga dengan menggunakan arus listrik yang kecil atau low power, dapat menghantarkan arus listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi^[4].

1.2.3. Kondensator

Kapasitor (Kondensator) yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf "C" adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kapasitor ditemukan oleh Michael Faraday (1791-1867). Satuan kapasitor disebut Farad (F). Satu Farad = $9 \times 10^{11} \text{ cm}^2$ yang artinya luas permukaan kepingan tersebut.

1.2.4. Transistor

Transistor merupakan salah satu komponen elektronika yang mempunyai tipe yang bervariasi dengan karakteristik dan spesifikasi yang berbeda sehingga pengaplikasiannya disesuaikan dengan kebutuhan dalam perancangan^[5].

1.3. Uji Mutu Akuades

Tabel 1. Standar Mutu Air Reagen untuk Laboratorium

Parameter (satuan)	Tipe I	Tipe II	Tipe III	Tipe IV
pH pada suhu 25°C	N/A	N/A	N/A	5.0 – 8.0
Total Organic Carbon (TOC) ppb atau µg/L	<50	<50	<200	N/A
Natrium (ppb atau µg/L)	<1	<5	<10	<50
Klorida (ppb or µg/L)	<1	<5	<10	<50
Silika (ppb or µg/L)	<3	<3	<500	N/A

Akuades hasil dari alat destilasi perlu dilakukan pengujian kualitasnya sebelum digunakan sebagai pelarut/reagen. Parameter fisika, kimia dan biologi diperlukan untuk menguji kualitas akuades tersebut. Pada penelitian sebelumnya, peneliti hanya

melakukan pengujian kualitas akuades secara fisika dan kimia, sehingga membutuhkan pengujian biologi untuk daya dukung data yang sebelumnya. Selain itu, peneliti akan menggunakan parameter standar mutu air reagen untuk laboratorium berdasarkan ASTM (Tabel 1 dan 2), karena akuades umumnya juga digunakan sebagai pelarut standar yang akan digunakan pada alat yang sensitif terhadap adanya gangguan atau noise yang bisa saja dihasilkan dari pelarut yang memiliki pengotor, contohnya sebagai pelarut standar untuk alat AAS, UV-Vis dan lainnya.

Tabel 2. Tambahan Sub-standar Mutu Air Reagen untuk Laboratorium

Parameter (satuan)	Tipe A	Tipe B	Tipe C
Heterotrophic Bacteria Count (CFU/ml)	<1	<10	<1000
Endotoksin (unit per ml)	<0.03	<0.25	N/A

2. Metodologi

2.1. Perancangan Kolom Air Pendingin

- Siapkan lembaran styrofoam tebal 5 cm
- Potong styrofoam menjadi ukuran 55 x 40 cm 2 lembar, 55 x 50 cm 2 lembar, dan 50 x 40 cm 1 lembar
- Tempelkan styrofoam ke kolom air pendingin

2.2. Perancangan Otomasi Panel Kontrol

- Hubungkan panel kontrol dengan mikrokontroller
- Hubungkan mikrokontroller dengan sensor
- Letakkan sensor di bagian bawah selang indikator air

2.3. Perancangan Mur Untuk Mempermudah Perawatan

- Pasang mur kuping 20 mm pada pipa penghubung
- Pasang mur kuping 10 mm pada tutup kolom destilasi

2.4. Perancangan Sistem Pompa Filter Air Pendingin

- Siapkan pompa filter

- Pasang kain saring ke dalam input pompa filter
- Buat jaringan listrik independen untuk pompa filter pendingin
- Hidupkan mesin kolom destilasi dan pompa jika ingin membuat akuades
- Hidupkan pompa saja jika ingin membersihkan kondensor.

2.5. Pengujian Kapasitas, Efisiensi Mesin dan Bak Pendingin

Pengujian kapasitas mesin, efisiensi mesin dan bak pendingin distilator dilakukan 1 kali ulangan untuk tiap percobaan. Kapasitas air sumur yang digunakan yaitu 3 L.

2.5.1. Percobaan 1 (Styrofoam+ Ice Gel +Garam +Air Sumur)

- Mesin distilator yang digunakan yaitu prototype II (setelah modifikasi bak pendingin dengan styrofoam)
- Pasang filter air di kran air sumur, kemudian hubungkan dengan selang plastik ½"
- Masukkan air menggunakan selang tersebut hingga tanda batas bawah selang indikator air
- Hidupkan mesin distilator kemudian buang air di kolom destilasi hingga mesin distilator mati otomatis
- Isi air kembali sebanyak 3 L
- Masukkan ice gel sebanyak 30 buah
- Masukkan air hingga batas atas pompa air
- Masukkan garam dengan perbandingan ice gel: garam (87 % : 13 %)
- Hidupkan mesin distilator, stopwatch dan tunggu hingga mesin mati secara otomatis
- Hitung kapasitas mesin dan efisiensi mesin dengan rumus berikut:

$$Kapasitas\ mesin = \frac{Volume\ air}{Waktu\ destilasi}$$

$$Efisiensi\ mesin = \frac{Volume\ akhir}{Volume\ awal} \times 100\ %$$

- Masukkan termometer digital ke dalam bak pendingin dan wadah penampung air destilat
- Amati perubahan suhu pada termometer kolom destilasi, bak pendingin, dan wadah penampung air destilat setiap 5 menit



2.5.2. Percobaan 2 (Ice Gel + air sumur)

- Mesin distilator yang digunakan yaitu prototype I (tanpa Styrofoam dan bak pendingin dalam)
- Langkah 2-7 sama seperti percobaan 1
- Hidupkan mesin distilator, stopwatch dan tunggu hingga mesin mati secara otomatis
- Hitung kapasitas dan efisiensi mesin
- Amati perubahan suhu pada termometer kolom destilasi, bak pendingin, dan wadah penampung air destilat setiap 5 menit

2.5.3. Percobaan 3 (Air sirkulasi langsung menggunakan air sumur)

- Mesin distilator yang digunakan yaitu prototype II (setelah modifikasi bak pendingin dengan Styrofoam, pompa dimatikan, hubungkan selang input kondensor ke kran air, bak pendingin tidak digunakan)
- Langkah 2-5 sama dengan percobaan 1
- Hidupkan mesin distilator, stopwatch dan tunggu hingga mesin mati secara otomatis
- Hitung kapasitas dan efisiensi mesin
- Sama seperti langkah 5 pada percobaan 2

2.6. Pengujian Kualitas Air Akuades

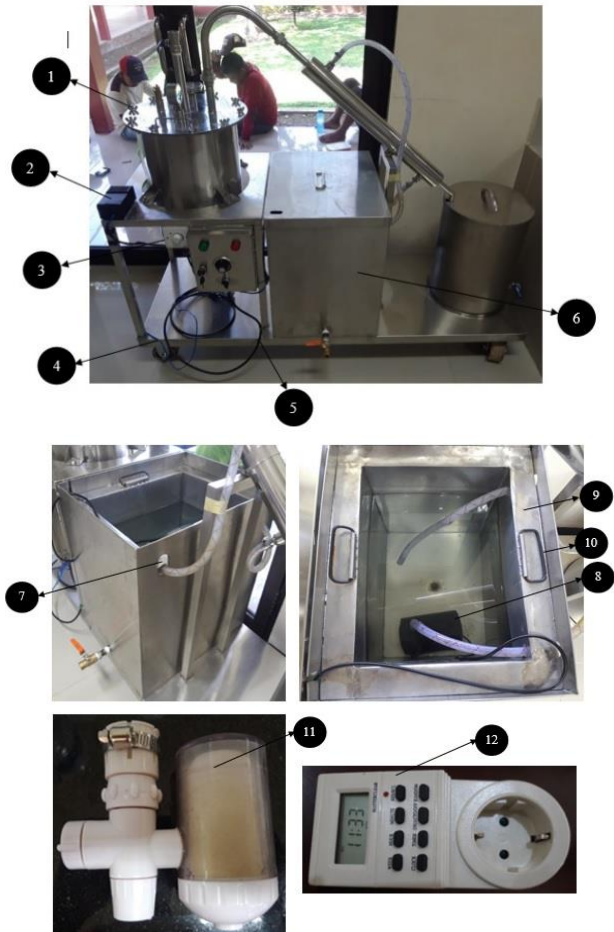
Lakukan pengamatan seperti yang terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter uji kualitas akuades

No	Parameter	Standar	Akuades Penelitian	Air kran PDAM	Akuades Merk I	Akuades Merk II	Akuades Merk III
1	TDS (mg/L)	-	-	-	-	-	-
2	pH pada 25°C	-	-	-	-	-	-
3	DHL(mS/cm)	-	-	-	-	-	-
4	Silica (mg/L)	-	-	-	-	-	-
5	TOC (ppb)	-	-	-	-	-	-
6	Sodium (ppb)	-	-	-	-	-	-
7	Chloride (ppb)	-	-	-	-	-	-
8	TPC bakteri (CFU/ mL)	-	-	-	-	-	-

3. Pembahasan

Hasil penelitian yaitu berupa mesin distilator sederhana dengan sumber tenaga listrik yang telah dimodifikasi di beberapa bagian untuk meningkatkan kinerja mesin. Adapun mesin yang dimaksud beserta keterangan bagian mesin dan fungsinya dapat dilihat pada Gambar 2.



Keterangan Gambar:

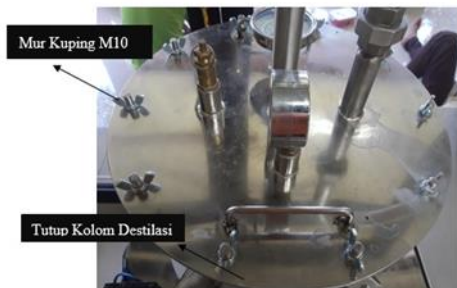
1. Mur kuping
2. Rangkaian sensor air
3. Dimmer pompa
4. Kabel sensor basah
5. Kabel mesin utama
6. Bak pendingin kondensor luar
7. Styrofoam
8. Pompa air submersible
9. Bak pendingin kondensor dalam
10. Handle bak pendingin kondensor dalam
11. Filter air
12. Timer heles

Gambar 2. Mesin Distilator Sederhana Hasil Modifikasi dan Aksesoris

Mesin distilator terdiri dari berbagai macam bagian yang telah dimodifikasi untuk

meningkatkan kinerja mesin distilator baik dari segi kinerjanya sendiri maupun dari segi kualitas air destilat yang dihasilkan. Rincian detail modifikasi dari mesin tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

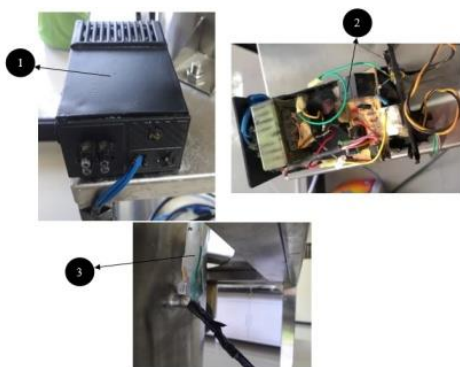
3.1. Mur Kuping



Gambar 3. Mur Kuping

Mesin distilator prototipe I menggunakan mur ukuran M10 biasa pada tutup kolom destilasi, sehingga untuk membuka dan menutup kolom destilasi memerlukan alat bantu berupa kunci pas 17. Mur kuping M10 digunakan untuk mengganti mur M10 biasa supaya memudahkan proses membuka, menutup kolom destilasi dan memudahkan pemeliharaan kolom destilasi. Mur Kuping M10 ini dapat dibuka dan ditutup dengan menggunakan tangan manusia saja, jika dirasa licin dapat menggunakan bantuan sarung tangan kain.

3.2. Rangkaian sensor air



Keterangan Gambar:

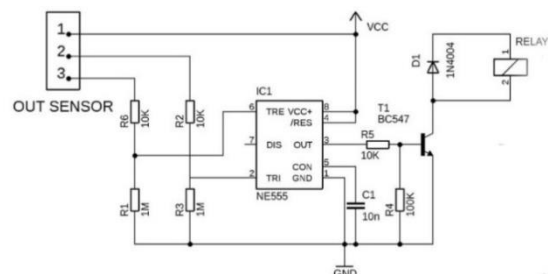
1. Box Rangkaian Sensor
2. Rangkaian Sensor
3. Kabel sentuh tembaga yang terhubung ke selang indikator air

Gambar 4. Sensor Basah

Mesin distilator menggunakan sumber listrik sebagai sumber panas, komponen yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi panas adalah lemen pemanas (*heater*). *Heater* memiliki daya 700 Watt, mesin ini memiliki dua buah *heater*. Air pada kolom destilasi harus berada pada posisi diatas *heater* supaya mencegah terjadinya kerusakan mesin, sehingga *heater* selalu basah. Jika *heater* tidak terbasahi oleh air, maka ada resiko *heater* meledak dan dapat membahayakan pengguna dan sekitarnya.

Pada mesin distilator prototipe I terdapat indikator air yang terbuat dari selang silikon yang tahan panas. Selang indikator ini berfungsi untuk melihat ketinggian air, sehingga pengguna dapat mencegah air terlalu rendah dan dapat merusak *heater*. Selang tersebut memiliki kelemahan yaitu jika pengguna lalai maka ketinggian air dapat melewati tanda batas dan merusak *heater*. Oleh karena itu, mesin dimodifikasi pada bagian selang indikator dengan ditambahkan mikrokontroler dan sensor air.

Prinsip kerja dari rangkaian sensor air adalah kabel sentuh tembaga jika terendam air maka akan mentrigger IC NE555 dan mengalirkan arus listrik ke transistor dan relay sehingga dalam posisi ON kemudian menghidupkan mesin utama, dan sebaliknya jika kabel sentuh tembaga tidak terendam air maka akan mentrigger IC NE555 dan memutus arus listrik ke transistor dan relay sehingga dalam posisi OFF kemudian mematikan mesin utama. Mesin utama memiliki daya 2500 Watt sehingga untuk mencegah rangkaian sensor air terbebani daya oleh mesin utama maka rangkaian sensor ditambahkan relay paralel dan kondensator (kapasitor). Rangkaian sensor air dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Sensor Air

Modifikasi penambahan rangkaian sensor air bertujuan untuk meningkatkan keamanan dalam penggunaan mesin distilator. Jika pengguna lupa mematikan mesin saat air sudah sampai tanda batas bawah, maka mesin distilator akan otomatis mati sehingga dapat mencegah kerusakan mesin. Komponen dalam pembuatan rangkaian sensor air ini diantaranya yaitu IC NE555, TR BC547, TR BC557, Res 39R, Res 1K, Res 10K, Power Supply 12V, Plat Tembaga, Kabel sentuh tembaga, Kawat Timah, Solder Listrik, Transistor Mousepad, Relay Omron 8 Kaki, dan IC Regulator LM 7815.



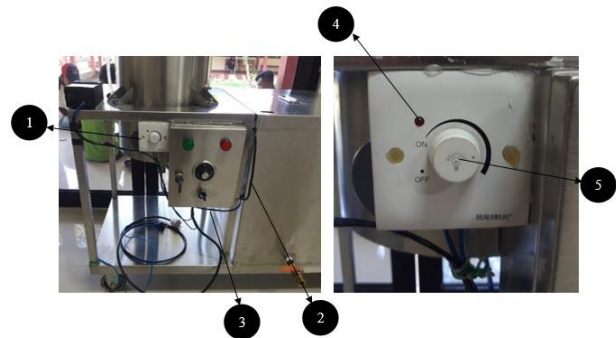
(a) Gambar 6. Timer Heles (a) dan Power meter (b)

Selain menggunakan rangkaian sensor air, mesin distilator juga dipasang aksesoris *timer heles*. Alat *timer heles* ini berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan mesin sesuai waktu yang telah ditentukan, misal mesin digunakan untuk praktikum dan akan digunakan untuk mengukur kapasitas mesin selama 2 jam maka dapat menggunakan alat *timer heles* ini. Mesin juga dilengkapi dengan alat power meter yang berfungsi untuk mengukur daya yang digunakan oleh mesin distilator ini. Alat tersebut dapat dilihat pada

3.3. Dimmer Pompa

Mesin distilator memiliki pompa air yang berfungsi untuk membantu sirkulasi air pendingin dari bak pendingin ke kondensor. Modifikasi dilakukan dengan melakukan penambahan dimmer pada kabel pompa air. Dimmer pompa berfungsi untuk mengatur besar kecilnya debit air sirkulasi sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Prinsip kerja dari dimmer pompa ini yaitu dengan memperbesar atau memperkecil arus listrik yang masuk ke dalam pompa air. Jika saklar dimmer diputar ke kiri maka arus listrik yang masuk ke pompa semakin kecil sehingga debit air juga semakin mengecil, begitu sebaliknya jika saklar dimmer

diputar ke kanan maka arus listrik yang masuk ke pompa semakin besar sehingga debit air juga semakin membesar.



Keterangan Gambar:

1. Dimmer Pompa
2. Kabel Pompa
3. Kabel Dimmer Pompa
4. Lampu indicator
5. Saklar dimmer

Gambar 7. Dimmer Pompa

3.4. Kabel Sensor Air dan Mesin Utama

Kabel yang digunakan untuk menghubungkan rangkaian sensor air dengan rangkaian mesin utama harus memiliki ketahanan panas yang baik supaya tidak mudah leleh dan tidak mudah panas sedangkan kabel yang digunakan untuk menghubungkan rangkaian mesin utama dengan sumber listrik harus memiliki ketahanan terhadap daya yang besar (2500 Watt).



Gambar 8. Kabel Sensor Air



Gambar 9. Kabel Mesin Utama

3.5. Bak Pendingin Kondensor Luar



Keterangan Gambar:

1. Lubang selang input kondensor
2. Bak pendingin luar
3. Kran air
4. Tutup bak pendingin luar
5. Lubang selang output kondensor

Gambar 10. Bak Pendingin Luar

Bak pendingin luar terbuat dari bahan stainless steel grade 304. Air di bak pendingin harus selalu tersirkulasi untuk mendinginkan uap air yang melewati pipa kondensor. Bak pendingin memiliki ukuran 40 x 50 x 55 cm (kapasitas 110 L air) dengan ketebalan 1,2 mm. Bagian-bagian dari wadah ini, diantaranya:

- a. Lubang selang input kondensor, berfungsi sebagai tempat masuknya selang input kondensor dari pompa ke kodensor dengan diameter 25 mm
- b. Lubang selang output kondensor, berfungsi untuk tempat masuknya selang output kondensor dari kondensor ke bak pendingin dengan diameter 25 mm
- c. Kran air, berfungsi untuk menguras air yang masih tersisa di wadah apabila alat sudah berhenti beroperasi.

3.6. Styrofoam dan Pompa Air

Mesin distilator prototipe I memiliki bak pendingin dengan kapasitas 110 L air. Pada saat pengujian kinerja ditemukan kendala bahwa suhu air pendingin bias mencapai 70⁰ C, dimana hal ini dapat mempengaruhi laju destilasi dari mesin distilator. Oleh karena itu, bak pendingin perlu dilakukan penambahan material styrofoam yang bertujuan untuk menurunkan laju suhu air panas. Selain itu, pompa air pada mesin destilator yang semula memiliki daya 38 Watt dan kapasitas 2000 L/jam diganti dengan pompa baru yang memiliki daya lebih tinggi yaitu 115 Watt dan

kapasitas 5000L/jam untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi air pendingin.

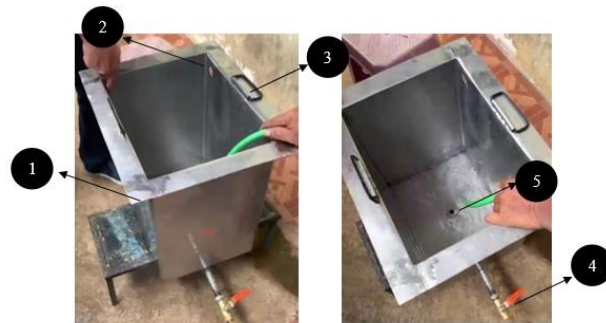


Keterangan Gambar:

1. Styrofoam tebal 5 cm
2. Jalur pipa pembuangan air

Gambar 11. Styrofoam

3.7. Bak Pendingin Kondensor Dalam



Keterangan Gambar:

1. Bak pendingin dalam
2. Lubang input/output selang sirkulasi
3. Handel bak pendingin
4. Kran pembuangan
5. Lubang pembuangan air

Gambar 12. Bak Pendingin Dalam

Bak pendingin dalam digunakan untuk penampungan air pendingin dan melindungi Styrofoam agar tidak mudah rusak. Bak pendingin ini memiliki ukuran 30 x 40 x 45 cm. Bak pendingin ini terbuat dari stainless steel doff dengan tebal 1,5 mm. pada bagian atas ditambahkan plat stainless steel selebar 5 cm untuk menutupi Styrofoam yang dipasang dan terdapat handel untuk mempermudah bongkar pasang bak pendingin tersebut. Pada bagian samping dibuat lubang dengan ukuran diameter 25 mm sebagai lubang input/output selang air sirkulasi. Pada bagian bawah terdapat lubang dengan ukuran diameter 21 mm untuk lubang pembuangan air. Pada bagian dasar bak terdapat pipa air untuk pembuangan air yang terhubung dengan kran kuningan untuk pembuangan air.

3.8. Handle Bak Pendingin Kondensor Dalam



Gambar 13. Handel Bak Pendingin

Handel bak pendingin berfungsi untuk memudahkan dalam proses bongkar pasang bak pendingin apabila dilakukan pemeliharaan atau perbaikan. Handel ini memiliki ukuran 10 x 4 cm, terbuat dari besi behel 8 mm. Bak pendingin ini memiliki 2 handel di kanan dan kiri.

3.9. Filter Air



Gambar 14. Filter Air

Filter air berfungsi untuk menyaring air sumur dari bahan – bahan asing seperti debu, cacing, daun kering, pasir, dll. Filter ini akan membantu untuk meningkatkan kualitas dari hasil air destilat yang dihasilkan. Filter ini dipasang pada kran air sumur dan dihubungkan ke lubang input kolom destilasi.

Filter air water purifier SWS memiliki fungsi, diantaranya menyaring dan memurnikan air untuk kebutuhan masak, menggunakan teknologi Nano-KDF untuk menghambat pertumbuhan bakteri, filter keramik menyaring karat, jamur/kutu air, dan menghilangkan bau/kadar logam dan filter keramik juga mudah dibersihkan menggunakan amplas serta dapat digunakan kembali.

Mesin distilator sederhana memerlukan pengujian kinerja untuk mengetahui efektivitas dan efisiensi mesin tersebut. Beberapa pengujian yang telah dilakukan, yaitu:

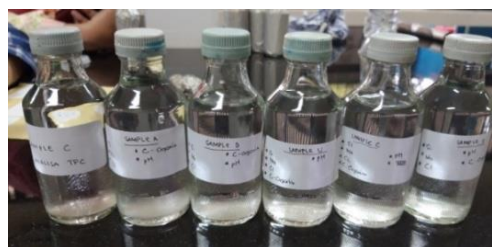
3.9.1. Pengujian Kebocoran Alat

Pengujian kebocoran dilakukan dengan cara mengisi air pada bak pendingin hingga $\frac{3}{4}$ bagian, dimana sebelumnya semua lubang pembuangan sudah ditutup semuanya. Kebocoran tidak ditemukan di area bak pendingin, namun terdapat bagian yang bocor pada sambungan kran pembuangan dan pipa air di dasar bak pendingin. Solusi yang dilakukan yaitu menambah seal tape pada sambungan pipa air dan kran pembuangan tersebut, supaya tidak bocor lagi.

3.9.2. Pengujian Kualitas Air Destilat

Pengujian kualitas air destilat dilakukan berdasarkan standar SNI mengenai parameter standar mutu air demineral. Berdasarkan SNI 01-6241-2000 tentang air demineral^[8] dan SNI 01-3553-2006 tentang air minum dalam kemasan^[9] bahwa parameter air demineral ada 3 yaitu TDS, DHL, dan pH. Selain itu kami juga melakukan uji kualitas air aquades berdasarkan standar ASTM D1193-91 tentang air reagen laboratorium. Parameter air reagen laboratorium berdasarkan ASTM diantaranya yaitu konduktivitas, pH, TOC (*Total organic carbon*), kandungan natrium, silika, klorida dan TPC (*Total Plate Count*).

Sampel yang digunakan yaitu aquades merk A (UD. Aneka Kimia), aquades merk B (UD Aneka Makmur), air demineral Cleo, air sumur, dan air hasil destilasi. Lakukan sterilisasi pada botol yang akan diisi oleh masing-masing sampel. Sampel tersebut dianalisa sesuai parameter ke laboratorium UPT Biosain.



Gambar 15. Sampel yang akan dilakukan pengujian

Tabel 4. Hasil Uji Air Destilasi Sesuai SNI

No	Parameter	Standar	Akuades Penelitian	Air kran PDAM	Akuades Aneka Kimia	Akuades UD. Makmur	Cleo
1	TDS (mg/L)	Maks. 10 mg/L	0	188	3	171	9
2	pH pada 25°C	5,0 – 7,5	6,62	7,32	7,36	7,91	6,89
3	DHL (mS/cm)	Maks. 1,2 mS/cm	0	0,373	0,006	0,349	0,018

Tabel 5. Hasil Uji Air Destilasi Sesuai ASTM

No	Parameter	Standar	Akuades Penelitian	Air kran PDAM	Akuades Aneka Kimia	Akuades UD. Makmur	Cleo
1	Silica (ppb)	<500	2500	3007	2754	3684	2416
2	TOC (ppb)	<200	374304	432752	467837	566046	596537
3	Na (ppb)	<10	776	10949	2067	2456	957
4	Cl (ppb)	<10	1418	12585	1950	5495	1595
5	TPC bakteri (CFU/mL)	<10	616	1260	874	976	14

Hasil uji analisa akuades sesuai SNI, menyatakan bahwa akuades hasil penelitian telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh SNI. Jika dibandingkan dengan merk pembanding lainnya, akuades hasil penelitian memiliki nilai TDS dan DHL paling rendah yaitu 0 ppm dan 0 mS/cm. Hasil tersebut meningkatkan mutu akuades penelitian tahun ini dibanding penelitian sebelumnya, dimana nilai TDS penelitian terdahulu adalah 3 ppm dan nilai DHL adalah 0,063 mS/cm.

Uji kualitas akuades berdasarkan standar ASTM D1193-91 terhadap beberapa sampel (akuades hasil penelitian, air kran PDAM, akuades merk Aneka Kimia dan UD. Makmur serta air minum Cleo) masih belum sesuai dengan standar, tetapi akuades hasil penelitian memiliki nilai kandungan TOC, natrium dan klorida yang paling kecil diantaranya sampel akuades lainnya. Nilai TPC bakteri pada akuades hasil penelitian masih tergolong lebih tinggi dibandingkan dengan air kemasan Cleo karena belum adanya perlakuan penambahan sinar UV

pada akuades. Akuades hanya dihasilkan dari air destilat yang diperoleh dari mesin destilator tanpa perlakuan lainnya seperti ozonasi, penambahan sinar UV maupun lainnya.

3.9.3. Pengujian Kapasitas Mesin, Efisiensi Mesin dan Bak Pendingin

Pada Tabel 6. diperoleh hasil efisiensi mesin 100% pada percobaan 3 yaitu dengan menggunakan air sirkulasi langsung dari air sumur tanpa menggunakan bak pendingin. Kondensor langsung dihubungkan terhadap kran air yang merupakan sumber air sumur. Waktu tercepat yang dibutuhkan untuk menghasilkan air destilat (akuades) sebanyak 3 L yaitu 91 menit diperoleh pada percobaan 3.

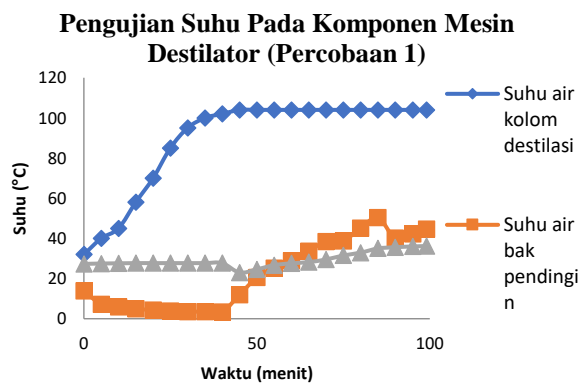
Pengujian suhu pada bak pendingin dengan 3 perlakuan yang berbeda seperti pada Gambar 16, 17 dan 18 dapat dilihat bahwa pada percobaan 1 bak pendingin mengalami kenaikan suhu optimum yaitu 50,4 °C pada waktu 85 menit sehingga dibutuhkan tambahan air baru pada bak pendingin untuk menurunkan suhunya, begitu

pula pada percobaan 2 suhu optimum bak pendingin yaitu 49,4 °C dengan waktu 90 menit dan perlu ditambahkan air. Penambahan air dilakukan karena semua ice gel telah mencair dan suhu makin panas sehingga memperlambat kinerja dari mesin untuk menghasilkan air

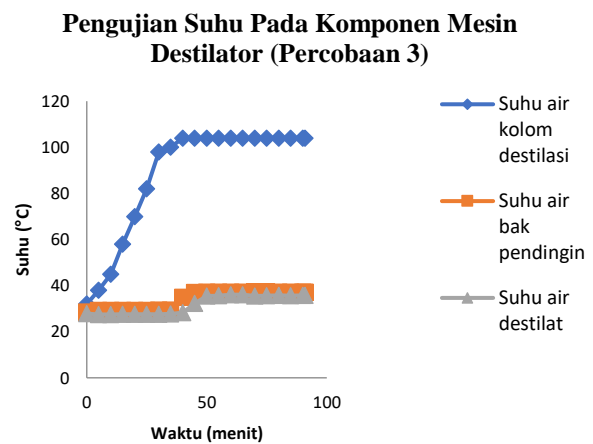
destilat. Pada percobaan 3 tanpa menggunakan bak pendingin suhu optimum hanya sampai 37,2 °C dan stabil sampai dengan air terdestilasi sempurna (habis). Hasil pada percobaan 3 lebih baik dibandingkan dengan percobaan 1 dan 2.

Tabel 6. Hasil Percobaan Kapasitas dan Effisiensi Mesin

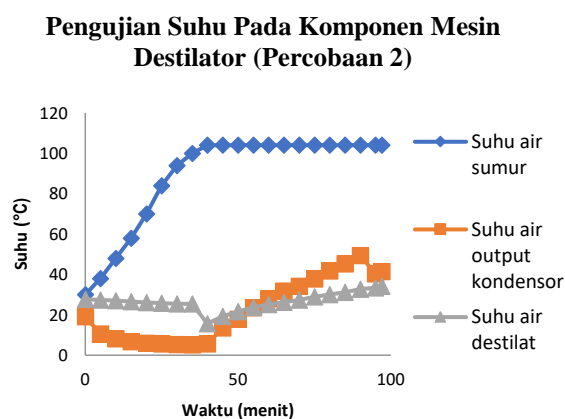
No	Percobaan	Volume awal (L)	Volume akhir (L)	Waktu proses (menit)	Kapasitas Mesin (L/jam)	Effisiensi Mesin (%)
1	1	3	2,6	99	1,576	86,67
2	2	3	2,55	97	1,577	85,00
3	3	3	3	91	1,978	100



Gambar 16. Grafik hubungan antara suhu dan waktu pada komponen mesin destilator (Percobaan 1)



Gambar 18. Grafik hubungan antara suhu dan waktu pada komponen mesin destilator (Percobaan 3)



Gambar 17. Grafik hubungan antara suhu dan waktu pada komponen mesin destilator (Percobaan 2)

3.9.4. Pengujian Sensor Air

Pengujian ini dilakukan untuk menguji fungsi sensor air yang telah dipasang. Berikut penjelasan hasil pengujian yang telah dilaksanakan:

- Pengujian pertama, pada pengujian ini ditemukan kesalahan pemasangan kabel sehingga ketika air di kolom destilasi telah sampai tanda batas mesin yang mati hanya pompa air saja, sedangkan *heater* masih tetap hidup. Oleh karena itu, perlu adanya pemidahan kabel sensor untuk dihubungkan dengan kabel mesin utama
- Pengujian kedua, pada pengujian ini ditemukan kesalahan pada rangkaian sensor sehingga setelah kurang lebih 2



menit mesin hidup timbul asap di rangkaian sensor dan kabel sensor menjadi panas. Hal ini dikarenakan sensor yang dibuat tidak mampu menerima daya yang tinggi (2500 W), hanya mampu menerima daya maksimal 240 W. Oleh karena itu, perlu ditambahkan komponen relay supaya kuat menerima daya yang besar.

- Pengujian ketiga, pada pengujian ini ditemukan kesalahan pada rangkaian sensor. Pada saat mesin distilator hidup hingga air di kolom destilasi sampai tanda batas tidak terjadi masalah yang serius (hanya panas pada kabel sensor), namun saat air di kolom destilasi telah mencapai tanda batas dan sensor berfungsi, timbul asap tipis di rangkaian sensor. Hal ini dikarenakan rangkaian sensor belum mampu menerima daya dari mesin utama (karena pada saat air hampir sampai tanda batas, air di kolom destilasi bergelombang karena uap panas, sehingga fungsi sensor hidup mati berulang – ulang). Oleh karena itu perlu dimodifikasi menjadi rangkaian relay parallel dan penambahan kondensator.
- Pengujian keempat, pada pengujian ini fungsi sensor dapat berfungsi dengan baik dan kuat menerima daya dari mesin utama.

3.9.5. Pengujian Mur Kuping

Pengujian fungsi mur kuping dilakukan saat mesin distilator dihidupkan. Hasil pengujian fungsi mur kuping tersebut yaitu sebagai berikut:

- Pemasangan mur kuping mudah dilakukan tanpa alat bantu kunci pas (bias dengan bantuan sarung tangan kain apabila licin)
- Pelepasan mur kuping juga mudah dilakukan jika sewaktu-waktu akan dilakukan pemeliharaan kolom destilasi
- Pada saat pengoperasian mesin distilator, tidak muncul adanya kebocoran pada kolom destilasi sehingga dapat dijamin bahwa mur kuping mampu mengunci tutup kolom destilasi dengan baik.

3.9.6. Analisis Biaya Operasional

Biaya operasional untuk membuat 1 liter akuades dapat dihitung dari penggunaan listrik mesin tersebut dengan rincian sebagai berikut:

Daya sensor : 3,4 W

Daya mesin : 2320 W

Daya Total : 2323,4 W

Tarif Listrik : Rp. 1.114,74 / KWh

$$\begin{aligned} \text{Biaya Pemakaian Listrik} &= \frac{2323,4}{1000} \times \text{Rp. } 1.114,74 \\ &= \frac{\text{Rp. } 2589,98 / \text{KWh}}{1,978 \text{ L/Jam}} \\ &= \text{Rp. } 1.309,39 / \text{L} \end{aligned}$$

Jadi, biaya operasional untuk menghasilkan 1 L akuades adalah Rp. 1.309,39. Jika dibandingkan dengan harga akuades di pasaran yaitu Rp. 5000,- per L maka biaya untuk pembelian akuades bias lebih hemat sebanyak 73,81 %.

4. Kesimpulan dan saran

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, mesin distilator sederhana yang telah dimodifikasi pada bagian tutup kolom destilasi, bak pendingin, pompa air, dan rangkaian sensor air telah selesai dibuat dan dapat berfungsi dengan baik. Kendala ditemukan pada rangkaian sensor yang masih belum kuat menerima daya tinggi dari mesin sehingga timbul asap. Fungsi dari mur kuping sesuai harapan dan tidak ada kebocoran. Fungsi dari bak pendingin belum dapat dianalisa, diperlukan uji kinerja lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh dari kinerja bak pendingin dan pompa yang telah dimodifikasi.

Pengujian pada hasil air destilasi hasil penelitian dan sampel akuades lainnya dengan parameter standar ASTM masih belum memenuhi kriteria standar tersebut. Hasil uji analisa akuades sesuai SNI, menyatakan bahwa akuades hasil penelitian telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh SNI. Jika dibandingkan dengan merk pembanding lainnya, akuades hasil penelitian memiliki nilai TDS dan DHL paling rendah yaitu 0 ppm dan 0 mS/cm.

4.2. Saran

Saran terhadap kegiatan penelitian selanjutnya yaitu melakukan uji kinerja mesin diantaranya uji kapasitas mesin, uji efisiensi mesin, uji perubahan suhu pada bak pendingin, dan analisa hasil uji kualitas air destilasi dibandingkan dengan merk lainnya. Uji kinerja tersebut dilakukan dengan 3 kali perlakuan yaitu



perlakuan 1 (bak pendingin menggunakan Styrofoam dan campuran air garam), perlakuan 2 (bak pendingin tanpa Styrofoam dan tanpa air garam), dan perlakuan 3 (air pendingin langsung dari air kran).

5. Ucapan Terima Kasih

Kami sampaikan ucapan terima kasih kepada Direktur Politeknik Negeri Jember, Ketua Jurusan Teknologi Pertanian, Ketua Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M), Kepala Laboratorium Teknologi Rekayasa Pangan, Kepala Laboratorium Logam dan kayu, Kepala UPT Biosain, Staf bagian keuangan Politeknik Negeri Jember, Tim Penguji, Civitas akademika Politeknik Negeri Jember serta semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Hardeli. Dr., Syukri. Drs., 2013, Buku Ajar Kesetimbangan Fasa, Padang, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
- Ikhwanudin. A. H., Narendro. M. P., Widadi. N., 2020. Rancang Bangun Alat Destilasi Sederhana Untuk Memenuhi Kebutuhan Akuades di Laboratorium Teknologi Rekayasa Pangan, Prosiding Seminar Nasional Hasil Pengabdian Masyarakat dan Penelitian Pranata Laboratorium Pendidikan Politeknik Negeri Jember, 284-290.
- Fahmizal, 2019, Timer 5 Minutes Circuit Design Using IC NE555, <https://otomasi.sv.ugm.ac.id/2019/12/31/timer-5-minutes-circuit-design-using-ic-ne555/>
- Dickson K, 2017, Pengertian Relay dan Fungsinya, <http://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>
- Handoko, H. Suharto, dan H. Kristiadjie, 2015, Alat Ukur Karakteristik Kurva Bipolar Junction Transistor Berbasis Personal Computer, Tesla, 17(1), 1- 17
- ASTM D1 193-91, 2003, Standar Specification for Reagent Water, United States, Association of Standar Testing Materials.
- Khotimah, H., Anggraeni, W. E., Setianingsih, A., 2017, Karakterisasi Hasil Pengolahan Air Menggunakan Alat Destilasi, Jurnal Chemurgy, 01, 34-38.
- Standar Nasional Indonesia, 01-6241-2000, Air Demineral, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia, 01-3553-2006, Air Minum Dalam Kemasan, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

