



RANCANG BANGUN DAN UJI PERFORMA
ATMOSPHERIC WATER MAKER
BERBASIS EXTERNAL PIPE CONDENSATION SYSTEM

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin

Oleh

Ade Fadilla

NIM.5212415007

TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



RANCANG BANGUN DAN UJI PERFORMA
ATMOSPHERIC WATER MAKER
BERBASIS EXTERNAL PIPE CONDENSATION SYSTEM

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin

Oleh

Ade Fadilla

NIM.5212415007

TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Ade Fadilla
NIM : 5212415007
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Rancang Bangun dan Uji Performa *Atmospheric Water Maker* Berbasis *External Pipe Condensation System*.

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 19 Agustus 2019

Pembimbing



Ahmad Mustamil Khoiron, S.Pd., M.Pd.

NIP.1988080820140511154

PENGESAHAN

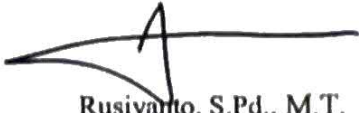
Skripsi dengan judul Rancang Bangun dan Uji Performa *Atmospheric Water Maker* Berbasis *External Pipe Condensation System* telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 23 bulan Agustus tahun 2019.

Oleh

Nama : Ade Fadilla
NIM : 5212415007
Program Studi : Teknik Mesin

Panitia:

Ketua



Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP.197403211999031002

Sekretaris



Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T., IPP.
NIP.197509272006041002

Penguji 1



Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D.
NIP.197601012003121002

Penguji 2



Angga Septiyanto, S.Pd., M.T.
NIP.198709112019031012

Pembimbing



Ahmad Mustamil K., S.Pd., M.Pd.
NIP.1988080820140511154

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik Unnes



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.
NIP.196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 19 Agustus 2019

Yang membuat pernyataan,



Ade Fadilla

NIM.5212415007

SARI ATAU RINGKASAN

Fadilla, Ade. 2019. Rancang Bangun dan Uji Performa *Atmospheric Water Maker* Berbasis *External Pipe Condensation System*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Ahmad Mustamil Khoiron, S.Pd., M.Pd.

Air sebagai salah satu aspek terpenting bagi manusia belakangan ini mengalami pengurangan kuantitasnya. Kuantitas air yang semakin berkurang di bumi ini terjadi akibat adanya kekeringan di beberapa tempat. Kekeringan menyebabkan adanya sumber alternatif lain untuk mendapatkan air minum dan juga dapat dijamin kualitas airnya yaitu dengan memanfaatkan kandungan air di atmosfer. *Atmospheric Water Maker* (AWM) merupakan alat penghasil air dari kelembapan yang ada di atmosfer dengan memanfaatkan proses kondensasi. Selanjutnya perancangan dan pengujian performa AWM perlu dilakukan.

Penelitian ini terdiri dari perancangan dan uji performa AWM berbasis *external pipe condensation system*. Perancangan dilakukan dengan menggunakan model *Pahl* dan *Beitz*. Sementara itu, penelitian dilakukan menggunakan model eksperimental dengan metode *factorial design*. Penelitian eksperimental dilakukan dengan menguji performa AWM. Pengujian performa terdiri dari pengaruh waktu dan debit aliran udara terhadap kapasitas air hasil produksi dan efisiensi penggunaan daya serta pengaruh ESP dan RO terhadap kapasitas dan kualitas air hasil produksi AWM.

Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kapasitas air hasil produksi dan efisiensi penggunaan daya seiring dengan meningkatnya RH pada pembagian waktu dan debit aliran udara. Penggunaan ESP berpengaruh terhadap hasil produksi dengan menghambat aliran udara yang masuk ke dalam sistem tetapi yang lebih mempengaruhi kapasitas produksi adalah RH. Penggunaan RO menghambat hasil produksi dikarenakan adanya hasil buangan penyaringan. Penggunaan ESP dan RO berpengaruh terhadap penurunan kandungan senyawa yang terkandung dalam air dan hasil uji kualitas air menunjukkan bahwa air hasil produksi AWM layak untuk dikonsumsi berdasarkan pada standar yang berlaku.

Kata kunci : *Atmospheric Water Maker (AWM), kapasitas produksi, efisiensi daya, kualitas air.*

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Nabi Besar Muhammad SAW beserta seluruh sahabat.

Skripsi ini disusun untuk meraih gelar sarjana teknik di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T. IPM., Dekan Fakultas Teknik, Rusiyanto, S.Pd., M.Pd., Ketua Jurusan Teknik Mesin, Dr., Ir. Basyirun S.Pd., M.T., IPM., Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Mesin dan Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D., Koordinator Program Studi Teknik Mesin atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Ahmad Mustamil Khoiron, S.Pd., M.Pd., Pembimbing yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan skripsi ini.
4. Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D., dan Angga Septiyanto, S.Pd., M.T., Penguji 1 dan penguji 2 yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas skripsi ini.
5. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin FT Unnes yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
6. Syahdan Sigit Maulana, Andrika Hilman, Kharis Maulana Yusuf dan Rizqon Farid sebagai rekan satu tim dalam penyusunan tema skripsi ini.
7. Secara khusus penulis mengucapkan terimakasih kepada Ayah dan Ibu serta adik-adikku tercinta yang telah mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

8. Teman-teman Program Studi Teknik Mesin angkatan 2015 yang selalu memberikan semangat, saran serta bantuan.
9. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaannya skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Semarang, 19 Agustus 2019

Penulis



Ade Fadilla

NIM. 5212415007

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR BERLOGO	ii
JUDUL DALAM	iii
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iv
PENGESAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
SARI ATAU RINGKASAN	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Tujuan.....	6
1.6 Manfaat.....	7
1.6.1 Secara Teoritis.....	7
1.6.2 Secara Praktis	7
BAB II.....	8
KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
2.1 Kajian Pustaka	8
2.2 Landasan Teori	12
2.2.1 <i>Atmospheric Water Maker</i>	12
2.2.2 <i>Relative Humidity (RH)</i>	13
2.2.3 Kondensasi	14
2.2.4 Debit Aliran Fluida	15
2.2.5 Konsumsi Daya Listrik	15

2.2.6	<i>Reverse Osmosis (RO)</i>	16
2.2.7	<i>Electrostatic Precipitator (ESP)</i>	17
2.2.8	Kualitas Air Minum	18
2.2.9	Hubungan antara Waktu dengan Kapasitas Air Hasil Produksi dan Efisiensi Penggunaan Daya AWM.....	21
2.2.10	Hubungan antara Debit Aliran Udara dengan Kapasitas Air Hasil Produksi dan Efisiensi Penggunaan Daya AWM.....	22
2.2.11	Hubungan antara ESP dengan Kapasitas Air Hasil Produksi AWM	23
2.2.12	Hubungan antara RO dengan Kapasitas Air Hasil Produksi AWM	24
2.2.13	Hubungan antara ESP dengan Kualitas Air Hasil Produksi AWM	24
2.2.14	Hubungan antara RO dan Lampu UV dengan Kualitas Air Hasil Produksi AWM	25
2.2.15	Hipotesis.....	26
BAB III		27
METODE PERANCANGAN		27
3.1	Model Perancangan dan Penelitian Eksperimental	27
3.1.1	Model Perancangan <i>Pahl</i> dan <i>Beitz</i>	27
3.1.2	Model Penelitian Eksperimental	34
3.2	Prosedur Rancang Bangun	36
3.3	Validasi Hasil Perancangan.....	39
3.3.1	<i>Setting Document Properties</i>	39
3.3.2	Proses Perancangan <i>Part</i>	39
3.3.3	Proses <i>Assembly</i>	40
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	41
3.4.1	Alat.....	41
3.4.2	Bahan.....	44
3.5	Parameter Penelitian.....	45
3.6	Teknik Pengumpulan Data	45
3.6.1	Tahap Pengambilan Data Pengaruh Waktu Terhadap Kapasitas Air Hasil Produksi dan Efisiensi Penggunaan Daya AWM.....	46
3.6.2	Tahap Pengambilan Data Pengaruh Debit Aliran Udara terhadap Kapasitas Air Hasil Produksi dan Efisiensi Penggunaan Daya AWM.....	49

3.6.3	Tahap Pengambilan Data Pengaruh Penggunaan ESP terhadap Kapasitas Air Hasil Produksi AWM	51
3.6.4	Tahap Pengambilan Data Pengaruh Penggunaan RO dan Lampu UV terhadap Kapasitas Air Hasil Produksi AWM	54
3.6.5	Tahap Pengambilan Data Pengaruh Penggunaan ESP dan RO serta UV terhadap Kualitas Air Hasil Produksi AWM.....	57
3.7	Kalibrasi Instrumen	62
3.7.1	Kalibrasi Sistem Filtrasi Udara	62
3.7.2	Kalibrasi Sistem Refrigerasi	63
3.7.3	Kalibrasi Filtrasi Air	63
3.8	Teknik Analisis Data	64
BAB IV		65
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		65
4.1	Hasil Perancangan	65
4.1.1	Sistem Filtrasi Udara.....	65
4.1.2	Sistem Refrigerasi	68
4.1.3	Sistem Filtrasi Air	71
4.2	Hasil Validasi Perancangan.....	75
4.2.1	Hasil Validasi <i>Setting Document Properties</i>	75
4.2.2	Hasil Validasi Proses Perancangan <i>Part</i>	77
4.2.3	Hasil Validasi Proses <i>Assembly</i>	77
4.3	Hasil Pembuatan <i>Prototype AWM External Pipe Condensation System</i>	83
4.4	Deskripsi Data	86
4.4.1	Waktu Pengambilan Data.....	86
4.4.2	Debit Aliran Udara	88
4.4.3	Penggunaan Daya Kompresor.....	90
4.4.4	Data Pengaruh Waktu terhadap Kapasitas Air Hasil Produksi dan Efisiensi Penggunaan Daya AWM.....	93
4.4.5	Data Pengaruh Debit Aliran Udara terhadap Kapasitas Air Hasil Produksi dan Efisiensi Penggunaan Daya AWM.....	94
4.4.6	Data Pengaruh Penggunaan ESP terhadap Kapasitas Air Hasil Produksi AWM.....	95
4.4.7	Data Pengaruh Penggunaan RO dan Lampu UV terhadap Kapasitas Air Hasil Produksi AWM.....	95

4.4.8	Data Pengaruh Penggunaan ESP dan RO serta UV terhadap Kualitas Air Hasil Produksi AWM	95
4.5	Analisis dan Pembahasan	99
4.5.1	Pengaruh Waktu terhadap Kapasitas Air Hasil Produksi dan Efisiensi Penggunaan Daya AWM.....	99
4.5.2	Pengaruh Debit Aliran Udara terhadap Kapasitas Air Hasil Produksi dan Efisiensi Penggunaan Daya AWM.....	101
4.5.3	Pengaruh Penggunaan ESP terhadap Kapasitas Air Hasil Produksi AWM.....	103
4.5.4	Pengaruh Penggunaan RO serta UV terhadap Kapasitas Air Hasil Produksi AWM	104
4.5.5	Pengaruh ESP terhadap Kualitas Air Hasil Produksi AWM	105
4.5.6	Pengaruh RO serta UV terhadap Kualitas Air Hasil Produksi AWM	107
4.5.7	Perbandingan Kualitas Air Hasil Produksi AWM dengan Kualitas Air Mineral A.....	108
4.5.8	Perbandingan <i>Prototype AWM External Pipe Condensation System</i> dengan Produk AWM Industri.....	111
BAB V.....		112
PENUTUP.....		112
5.1	Kesimpulan.....	112
5.2	Saran.....	114
DAFTAR PUSTAKA		116
DAFTAR LAMPIRAN.....		120

DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG

WHO	: <i>World Health Organization</i>
PDAM	: Perusahaan Daerah Air Minum
RH	: <i>Relative Humidity (%)</i>
AWM	: <i>Atmospheric Water Maker</i>
ESP	: <i>Electrostatic Precipitator</i>
RO	: <i>Reverse Osmosis</i>
UV	: <i>Ultraviolet</i>
Permenkes	: Peraturan Menteri Kesehatan
TEC	: <i>Thermo-electric Cooler</i>
P_g	: Tekanan saturasi uap (Pa)
P_v	: Tekanan aktual uap (Pa)
T_{dp}	: Temperatur <i>dew point</i> (°C)
T	: Temperatur (°C)
s	: Entropi (kJ/kg.K)
Q	: Debit (m ³ /s)
v	: Kecepatan (m/s)
A	: Luas penampang (m ²)
AC	: <i>Alternating Current</i>
DC	: <i>Direct Current</i>
P_{DC}	: Daya listrik (Watt)
V_{DC}	: Tegangan (volt)
I_{DC}	: Kuat arus (Ampere)

W	: Konsumsi daya (kWh)
t	: Waktu (jam)
TDS	: <i>Total Dissolved Solids</i>
TCU	: <i>True Color Unit</i>
NTU	: <i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
GAC	: <i>Granular Activated Carbon</i>
CTO	: <i>Chlorin-Taste-Odor</i>
ISO	: <i>International Organization for Standardization</i>
ANSI	: <i>American National Standards Institute</i>
DIN	: <i>Deutsches Institut für Normung</i>
JIS	: <i>Japanese Industrial Standards</i>

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Atmospheric Water Maker</i>	13
Gambar 2.2 Diagram T-s air pendinginan uap dengan tekanan konstan dan temperatur <i>dew point</i>	14
Gambar 2.3 Proses <i>osmosis</i> (a) dan <i>reverse osmosis</i> (b)	16
Gambar 3.1 Konsep <i>atmospheric water maker external pipe</i>	30
Gambar 3.2 <i>Outside view Atmospheric Water Maker (AWM) external condensation system</i>	31
Gambar 3.3 <i>Inside view Atmospheric Water Maker (AWM) external condensation system</i>	32
Gambar 3.4 Laptop Asus A43SD.....	37
Gambar 3.5 Prosedur perancangan <i>AWM external pipe condensation system</i>	37
Gambar 3.6 Prosedur penelitian eksperimental	38
Gambar 3.7 <i>Warning notification</i> pada <i>part solidworks 2019</i>	40
Gambar 3.8 Proses <i>assembly</i>	40
Gambar 3.9 <i>Humidity meter</i>	41
Gambar 3.10 <i>Clamp meter</i>	41
Gambar 3.11 <i>Anemo meter</i>	42
Gambar 3.12 Gelas ukur	42
Gambar 3.13 <i>Dimmer</i>	43
Gambar 3.14 Jerigen	43
Gambar 3.15 Botol steril.....	44
Gambar 3.16 Pengaturan kecepatan maksimal <i>blower</i>	46
Gambar 3.17 Proses pengambilan hasil air	47
Gambar 3.18 Proses pengukuran kuat arus kompresor.....	47
Gambar 3.19 Proses pengukuran nilai RH pada <i>input</i> udara AWM.....	48
Gambar 3.20 Proses pengaturan variasi debit 0,07 m ³ /s (a) dan 0,1 m ³ /s (b).....	49
Gambar 3.21 Proses pengambilan hasil air	50
Gambar 3.22 Proses pengukuran kuat arus kompresor.....	50
Gambar 3.23 Proses pelepasan ESP	51
Gambar 3.24 Pemasangan ESP	52

Gambar 3.25 Pengaturan kecepatan maksimal <i>blower</i>	52
Gambar 3.26 Proses pengambilan hasil air	53
Gambar 3.27 Proses pengukuran nilai RH pada <i>input</i> udara AWM	53
Gambar 3.28 Pengaturan kecepatan maksimal <i>blower</i>	54
Gambar 3.29 Proses pengambilan hasil produksi air	55
Gambar 3.30 Proses penampungan hasil filtrasi RO pada tangki kedua dan hasil buangan RO pada jerigen	55
Gambar 3.31 Proses pengukuran kapasitas air filtrasi RO di tangki kedua dan buangan RO di jerigen.	56
Gambar 3.32 Proses pelepasan ESP	57
Gambar 3.33 Pemasangan ESP AWM	57
Gambar 3.34 Pengaturan kecepatan maksimal <i>blower</i>	58
Gambar 3.35 Proses pengambilan sampel air hasil produksi AWM	59
Gambar 3.36 Kalibrasi ESP	62
Gambar 3.37 Urutan filtrasi RO	63
Gambar 4.1 Hasil rancangan filtrasi udara	66
Gambar 4.2 Hasil rancangan ESP	67
Gambar 4.3 Hasil rancangan sistem refrigerasi	68
Gambar 4.4 <i>Front view</i> rancangan sistem refrigerasi	69
Gambar 4.5 <i>Left view</i> rancangan sistem refrigerasi	70
Gambar 4.6 <i>Top view</i> rancangan sistem refrigerasi	70
Gambar 4.7 Hasil rancangan sistem filtrasi air	71
Gambar 4.8 <i>Front view</i> rancangan sistem filtrasi air	73
Gambar 4.9 <i>Right view</i> rancangan filtrasi air	74
Gambar 4.10 <i>Top view</i> rancangan filtrasi air	75
Gambar 4.11 Hasil pengaturan <i>units</i> atau satuan MMGS	76
Gambar 4.12 Hasil pengaturan <i>drafting standar ISO</i>	76
Gambar 4.13 Hasil pemeriksaan <i>error</i> atau <i>warning</i>	77
Gambar 4.14 Hasil proses <i>assembly</i>	78
Gambar 4.15 <i>Front view AWM external pipe condensation system</i>	80
Gambar 4.16 <i>Right view AWM external condensation system</i>	81

Gambar 4.17 <i>Left view AWM external pipe condensation system</i>	82
Gambar 4.18 <i>Top view AWM external condensation system</i>	83
Gambar 4.19 <i>Prototype AWM external pipe condensation system</i>	84
Gambar 4.20 Proses pengukuran RH pada pagi hari	87
Gambar 4.21 Proses pengukuran RH pada siang hari.....	87
Gambar 4.22 Proses pengukuran RH pada malam hari	88
Gambar 4.23 Proses pengukuran debit udara 0,07 m ³ /s	89
Gambar 4.24 Proses pengukuran debit udara 0,1 m ³ /s	89
Gambar 4.25 Proses pengukuran kuat arus kompresor pada pagi hari	90
Gambar 4.26 Proses pengukuran kuat arus kompresor pada siang hari.....	91
Gambar 4.27 Proses pengukuran kuat arus kompresor pada malam hari	91
Gambar 4.28 Proses pengukuran kuat arus kompresor pada debit 0,07 m ³ /s	92
Gambar 4.29 Proses pengukuran kuat arus kompresor pada debit 0,1 m ³ /s	93
Gambar 4.30 Hubungan antara waktu dengan kapasitas air hasil produksi AWM	99
Gambar 4.31 Hubungan antara waktu dengan efisiensi penggunaan daya AWM.....	99
Gambar 4.32 Hubungan antara debit aliran udara dengan kapasitas produksi air AWM	101
Gambar 4.33 Hubungan debit aliran udara dengan efisiensi penggunaan daya AWM	101
Gambar 4.34 Hubungan penggunaan ESP dengan kapasitas air hasil produksi AWM	103
Gambar 4.35 Hubungan penggunaan RO serta UV dengan kapasitas air hasil produksi AWM	104
Gambar 4.36 Hubungan penggunaan ESP dengan kualitas air hasil produksi AWM	105
Gambar 4.37 Hubungan penggunaan RO + UV dengan kualitas air hasil produksi AWM.....	107
Gambar 4.38 Grafik perbandingan kualitas air hasil produksi AWM dengan kualitas air mineral A	110

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar kelayakan air minum.....	18
Tabel 2.2 Standar kelayakan air minum.....	19
Tabel 3.1 Detail perancangan AWM <i>external pipe condensation system</i>	33
Tabel 3.2 Desain penelitian pengaruh waktu dan debit aliran udara terhadap kapasitas air hasil produksi dan efisiensi penggunaan daya AWM.....	34
Tabel 3.3 Desain penelitian pengaruh penggunaan ESP dan penggunaan RO serta UV terhadap kapasitas produksi air dan kualitas air hasil produksi AWM..	35
Tabel 3.4 Spesifikasi refrigeran R410a.....	44
Tabel 3.5 Instrumen penelitian pengaruh waktu terhadap kapasitas air hasil produksi dan efisiensi penggunaan daya AWM.....	48
Tabel 3.6 Instrumen penelitian pengaruh debit aliran udara terhadap kapasitas air hasil produksi dan efisiensi penggunaan daya AWM.....	51
Tabel 3.7 Instrumen penelitian pengaruh penggunaan ESP terhadap kapasitas air hasil produksi AWM.....	54
Tabel 3.8 Instrumen penelitian pengaruh penggunaan RO serta UV terhadap kapasitas air hasil produksi AWM	56
Tabel 3.10 Instrumen penelitian pengaruh penggunaan ESP terhadap kualitas air hasil produksi AWM.....	59
Tabel 3.11 Instrumen penelitian pengaruh penggunaan RO dan UV terhadap kualitas air hasil produksi AWM	61
Tabel 3.12 Kalibrasi sistem refrigerasi	63
Tabel 4.1 Komponen sistem filtrasi udara	66
Tabel 4.2 Komponen ESP	67
Tabel 4.3 Komponen sistem refrigerasi	68
Tabel 4.4 Komponen sistem filtrasi air	72
Tabel 4.5 Komponen <i>assembly</i> AWM <i>external pipe condensation system</i>	78
Tabel 4.6 Komponen <i>prototype</i> AWM <i>external pipe condensation system</i>	84
Tabel 4.7 Penggunaan daya <i>prototype</i> AWM.....	85
Tabel 4.8 Pengukuran RH berdasarkan variasi waktu	86
Tabel 4.9 Pengukuran debit udara berdasarkan kecepatan udara	88

Tabel 4.10 Perhitungan daya kompresor pada waktu pagi, siang, dan malam hari	90
Tabel 4.11 Perhitungan daya kompresor pada debit 0,07 m ³ /s dan 0,1 m ³ /s	92
Tabel 4.12 Pengaruh waktu terhadap kapasitas air hasil produksi dan efisiensi penggunaan daya AWM.....	94
Tabel 4.13 Pengaruh debit aliran udara terhadap kapasitas air hasil produksi dan efisiensi penggunaan daya AWM	94
Tabel 4.14 Pengaruh penggunaan ESP terhadap kapasitas air hasil produksi AWM.....	95
Tabel 4.15 Pengaruh penggunaan RO dan lampu UV terhadap kapasitas air hasil produksi AWM.....	95
Tabel 4.16 Pengaruh penggunaan ESP terhadap kualitas air hasil produksi AWM.....	96
Tabel 4.17 Pengaruh penggunaan RO dan UV terhadap kualitas air hasil produksi AWM.....	97
Tabel 4.18 Perbandingan kualitas air hasil produksi AWM dengan kualitas air mineral A.....	108
Tabel 4.19 Perbandingan <i>Prototype AWM External Pipe Condensation System</i> dengan Produk AWM Industri	111

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil kapasitas produksi pada pagi hari.....	120
Lampiran 2. Hasil kapasitas produksi pada siang hari	121
Lampiran 3. Hasil kapasitas produksi pada malam hari.....	122
Lampiran 4. Hasil kapasitas produksi pada debit 0,07 m ³ /s.....	123
Lampiran 5. Hasil kapasitas produksi pada debit 0,1 m ³ /s.....	124
Lampiran 6. Data kapasitas produksi air AWM eksternal dengan ESP.....	125
Lampiran 7. Data kapasitas produksi air AWM eksternal tanpa ESP.....	126
Lampiran 8. Hasil pengujian fisika dan kimia kualitas air AWM tanpa ESP... ..	127
Lampiran 9. Hasil pengujian mikrobiologi kualitas air AWM tanpa ESP.....	128
Lampiran 10. Hasil pengujian fisika dan kimia kualitas air AWM tanpa RO ..	129
Lampiran 11. Hasil pengujian mikrobiologi kualitas air AWM tanpa RO	130
Lampiran 12. Hasil pengujian fisika dan kimia kualitas air AWM <i>full system</i> . ..	131
Lampiran 13. Hasil pengujian mikrobiologi kualitas air AWM <i>full system</i>	132
Lampiran 14. Hasil pengujian kandungan fisika dan kimia kualitas air mineral	133
Lampiran 15. Hasil pengujian kandungan mikrobiologi kualitas air mineral ...	134
Lampiran 16. Gambar kerja <i>assembly</i> AWM.....	135
Lampiran 17. Gambar kerja komponen AWM.....	136
Lampiran 18. Gambar kerja sistem filtrasi air AWM.....	137
Lampiran 19. Gambar kerja komponen sistem filtrasi air AWM.....	138
Lampiran 20. Gambar kerja sistem filtrasi udara	139
Lampiran 21. Gambar kerja ESP	140
Lampiran 22. Gambar kerja sistem refrigerasi	141
Lampiran 23. Gambar kerja komponen sistem refrigerasi	142

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu aspek terpenting bagi manusia untuk terus bertahan hidup, tetapi belakangan ini sumber air yang tersedia semakin berkurang. *World Health Organization* dan UNICEF (2015: 7) menyatakan bahwa pada tahun 2015 sebanyak 663 juta orang di seluruh dunia masih mengalami kekurangan sumber air. Kekeringan terus terjadi di beberapa negara yang memiliki iklim sangat kering. Mekonnen dan Hoekstra (2016) menyatakan bahwa 4 miliar orang atau dua pertiga dari populasi di bumi mengalami kekeringan air dalam kurun waktu satu bulan tiap tahunnya.

Terjadinya kekeringan air juga berdampak ke sektor pertanian. Sektor pertanian tidak dapat dipisahkan dengan kebutuhan penggunaan air karena merupakan sumber utama dalam dunia pertanian. Diperkirakan bahwa 70% dari air yang ada di bumi digunakan untuk proses irigasi (Mc. Daniel, dkk. 2017: 271). Jika proses irigrasi terhenti dikarenakan kekeringan air maka berakibat pada terhentinya pertanian bahan makanan pokok sehingga mempengaruhi ketersediaan pasokan makanan.

Air bersih juga merupakan hal yang perlu diperhatikan selain masalah kekeringan yang terjadi. Air bersih merupakan salah satu elemen krusial yang dibutuhkan manusia untuk kegiatan sehari-hari khususnya untuk kebutuhan mengkonsumsi air bersih. Tetapi di beberapa negara ketersediaan air bersih

belakangan ini semakin berkurang. Wang, dkk. (2017: 4) menyatakan bahwa air bersih merupakan salah satu sumber biologis yang paling diandalkan di bumi, tetapi hanya tersedia 3% dari total sumber air yang ada. Petersen, dkk. (2019: 1) menambahkan bahwa kurang dari 1% dari air bersih di bumi atau sekitar 0,007% dari air yang ada di bumi dapat diakses untuk penggunaan berkelanjutan. Oleh karena itu, keterbatasan air bersih menjadi salah satu permasalahan yang serius untuk dikaji lebih lanjut.

Keterbatasan jangkauan air bersih sangat berpengaruh signifikan terhadap pemilihan sumber air bersih khususnya di kalangan rumah tangga. Rumah tangga yang memiliki akses sulit terhadap air bersih harus mengeluarkan biaya lebih ke Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) setempat untuk mendapatkan air bersih. Bahkan pada bulan Agustus 2019 di Kota Semarang akan terjadi kenaikan biaya PDAM. Mengacu pada Perwali Semarang No. 31 Tahun 2019, terjadi kenaikan biaya administrasi sebesar Rp 7.000, dengan pemeliharaan air ukuran 1/2 inch naik menjadi Rp 9.500, 3/4 inch menjadi Rp 15.000, 1 sampai 1,5 inch menjadi Rp 40.000 dan ukuran di atas 2 inch menjadi Rp 140.000. Menanggapi hal tersebut, *World Health Organization* (2017: 85) menyatakan tingginya biaya air untuk mendapatkan akses air bersih memaksa kalangan rumah tangga dengan nilai ekonomi rendah untuk mencari alternatif air lain yang belum terjamin kualitas airnya dan memiliki resiko lebih terhadap gangguan kesehatan. Berdasarkan masalah tersebut, perlu dilakukan pencarian alternatif air bersih yang dapat dipastikan kebersihan kualitas airnya.

Berbagai penelitian terus berupaya mendapatkan alternatif sumber air bersih seperti desalinasi air laut, pengelolaan dan perawatan limbah cair dan ekstraksi air tanah. Fermawati (2019: 779) menyatakan bahwa ketiga pencarian alternatif sumber air bersih tersebut masih belum mendapatkan hasil yang memuaskan karena memakan biaya yang besar, konsumsi daya yang intensif dan mempertimbangkan efek berkelanjutan terhadap lingkungan. Maka perlu dilakukan pertimbangan kembali untuk pencarian alternatif sumber air bersih yang memiliki efisiensi penggunaan daya dan ramah lingkungan.

Alternatif lain yang memungkinkan adalah dengan memanfaatkan kelembapan yang ada di udara sebagai sumber produksi air. Milani, dkk. (2014: 236) mengestimasi bahwa atmosfer bumi mengandung sebanyak $12,9 \times 10^{12} \text{ m}^3$ air. Mengekstraksi air dari atmosfer merupakan suatu hal yang memungkinkan. Magrini, dkk. (2015: 1154) dalam penelitiannya melakukan ekstraksi uap air dengan memanfaatkan pendinginan kelembapan udara hingga lebih rendah dari *dew point* sehingga memicu proses kondensasi kandungan uap di udara. Terkait pencarian sumber air alternatif, hal tersebut memungkinkan untuk dilakukan dengan memanfaatkan *relative humidity* (RH) di atmosfer dan perlu diintegrasikan ke dalam sebuah alat yang disebut *Atmospheric Water Maker* (AWM).

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan pengembangan berupa rancangan dan pembuatan alat penghasil air yaitu AWM berbasis *external pipe condensation system* sebagai salah satu sumber air bersih alternatif dan sebagai alat penghasil air bersih dan layak minum yang memiliki efisiensi penggunaan daya yang tinggi dan kapasitas air hasil produksi yang sesuai dengan kebutuhan,

sehingga dapat memenuhi kebutuhan dalam kesiapsiagaan bencana kekeringan maupun kebutuhan sehari-hari dengan tetap menjaga kualitas air bersih yang layak minum sesuai standar Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010 dan *World Health Organization* (WHO).

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah yang ada yaitu:

1. Kelangkaan air akibat kekeringan.
2. Kurangnya ketersediaan air bersih.
3. Kurangnya pasokan makanan akibat ketidaksediaan air untuk irigasi.
4. Keterbatasan jangkauan air bersih menyebabkan pengeluaran biaya lebih untuk mendapat air bersih.
5. Pemilihan alternatif air bersih yang belum pasti kebersihannya menjadi pilihan untuk mensejahterakan pengeluaran biaya untuk akses air bersih bagi kalangan rumah tangga dengan tingkat ekonomi rendah.
6. Resiko penyakit akibat sumber air yang kurang bersih.
7. Kurangnya alternatif sumber air bersih.
8. Kurangnya pemanfaatan RH di atmosfer.

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, maka batasan masalah penelitian ini adalah:

1. Rancangan terkait sistem pada alat AWM terdiri dari sistem filtrasi udara, sistem filtrasi air dan sistem refrigerasi.
2. Uji performa AWM dilakukan dengan mengetahui efisiensi penggunaan daya, kapasitas air dan kualitas air hasil produksi AWM.
3. Pengujian kapasitas air hasil produksi dan efisiensi penggunaan daya AWM dilakukan pada variasi waktu dan debit aliran udara.
4. Pengujian kualitas air dilakukan dengan memperhatikan penggunaan filtrasi udara *Electrostatic Precipitator* (ESP) dan filtrasi air *Reverse Osmosis* (RO) serta lampu *ultra violet* (UV).
5. Pengujian kualitas air mengacu pada Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dibatasi, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perancangan *prototype* AWM?
2. Bagaimana pengaruh waktu terhadap kapasitas air hasil produksi AWM?
3. Bagaimana pengaruh waktu terhadap efisiensi penggunaan daya AWM?
4. Bagaimana pengaruh debit aliran udara terhadap kapasitas air hasil produksi AWM?

5. Bagaimana pengaruh debit aliran udara terhadap efisiensi penggunaan daya AWM?
6. Bagaimana pengaruh penggunaan ESP terhadap kapasitas air hasil produksi AWM?
7. Bagaimana pengaruh penggunaan RO dan lampu UV terhadap kapasitas air hasil produksi AWM?
8. Bagaimana pengaruh penggunaan ESP terhadap kualitas air hasil produksi AWM?
9. Bagaimana pengaruh penggunaan RO dan lampu UV terhadap kualitas air hasil produksi AWM?

1.5 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mendeskripsikan perancangan prototype AWM.
2. Mengetahui pengaruh waktu terhadap kapasitas air hasil produksi AWM.
3. Mengetahui pengaruh waktu terhadap efisiensi penggunaan daya AWM.
4. Mengetahui pengaruh debit aliran udara terhadap kapasitas air hasil produksi AWM.
5. Mengetahui pengaruh debit aliran udara terhadap efisiensi penggunaan daya AWM.
6. Mengetahui pengaruh penggunaan ESP terhadap kapasitas air hasil produksi AWM.

7. Mengetahui pengaruh penggunaan RO dan lampu UV terhadap kapasitas air hasil produksi AWM.
8. Mengetahui pengaruh penggunaan ESP terhadap kualitas air hasil produksi AWM.
9. Mengetahui pengaruh penggunaan RO dan lampu UV terhadap kualitas air hasil produksi AWM.

1.6 Manfaat

Penelitian yang dilakukan dapat memberikan manfaat secara teoritis dan praktis sebagai berikut:

1.6.1 Secara Teoritis

1. Bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, dapat memberikan pengetahuan mengenai teknologi penghasil air bersih dari atmosfer melalui alat AWM.
2. Bagi peneliti, dapat memberikan pemahaman dan referensi yang lebih dalam penelitian mengenai pemanfaatan kelembapan udara atmosfer sebagai penghasil air.

1.6.2 Secara Praktis

1. Bagi lembaga, memberikan referensi media pembelajaran mengenai AWM.
2. Bagi industri, memberikan hasil rancangan dan analisis alat AWM sebagai pertimbangan untuk tujuan produksi secara massal.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

William, dkk. (2015) melakukan penelitian mengenai sistem energi terbarukan yang dinamakan “*Water Extraction from Atmospheric Air*”. Sistem ini menggunakan metode penyerapan uap air dari udara lingkungan pada saat malam hari. Lalu pada siang hari pengering bekerja dan menyebabkan terjadinya kondensasi uap air. Hasil yang didapatkan berupa produksi air sebanyak 2,32 L/(hari.m²).

Penelitian lebih lanjut dilakukan oleh Wang, dkk. (2017) dengan konsep yang serupa yaitu *water extraction from atmospheric air* dengan menghembuskan kelembapan udara lingkungan ke dalam tempat penyerapan dan panas yang terserap akan dibuang ke udara lingkungan. Saat temperatur kelembapan menurun hingga mencapai *dew point*, air akan diperoleh akibat terjadinya kondensasi. Hasil paling optimal didapatkan sebanyak 14.7 kg air dengan nilai RH sebesar 85%.

Berdasarkan kajian di atas, telah dilakukan penelitian mengenai *water extraction from atmospheric air* dan memungkinkan adanya alternatif sumber air bersih yang didapatkan dari udara atmosfer. Hasil optimal didapatkan dengan konsep penghembusan udara yang memiliki tingkat kelembapan tertentu menuju tempat penyerapan panas dengan temperatur yang lebih rendah dari *dew point* udara dan terjadinya kondensasi. Konsep tersebut dapat juga diartikan sebagai *external pipe condensation system*.

Suryaningsih dan Otong (2016) mengembangkan *prototype* AWM berbasis *Thermo-electric Cooler* (TEC) dengan memvariasikan debit udara sebesar 76 CFM, 114 CFM, 150 CFM dan 190 CFM dengan variasi penggunaan konsumsi daya sebesar 65 Watt dan 125,5 Watt. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin bertambahnya debit udara dan konsumsi daya yang semakin besar diikuti dengan kenaikan hasil produksi air. Hasil maksimum didapatkan produksi air sebesar 0,61 L/hari pada debit udara 190 CFM dan konsumsi daya 125,5 Watt. Hal tersebut terjadi karena pengaruh utama dari proses produksi air kondensasi adalah banyaknya kelembapan udara yang masuk ke dalam sistem.

Penelitian lebih lanjut dilakukan oleh Shourideh, dkk. (2018) dengan memvariasikan kecepatan udara AWM berbasis *Peltier Effect* menggunakan TEC dengan variasi kecepatan *fan* 0 m/s (tanpa menggunakan *fan*), 1 m/s dan 2 m/s. Penelitian ini dilakukan pada kondisi *low humidity* dan *high humidity* dengan nilai RH sebesar 60% dan 80%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kecepatan udara dan RH, diikuti dengan bertambahnya hasil produksi air dan mengurangi konsumsi energi spesifik. Hasil maksimum didapatkan produksi air sebesar 116 mL/jam dan konsumsi energi spesifik sebesar 1792 kWh/m³ pada kecepatan udara 2 m/s dan RH 80%, lebih baik dibandingkan dengan variasi kecepatan udara dan RH di bawahnya. Seiring bertambahnya RH dapat meningkatkan produksi air dan menurunkan konsumsi energi spesifik pada setiap variasi kecepatan udara. Hal tersebut dipengaruhi oleh peningkatan tekanan parsial uap air pada sirip evaporator sehingga terjadi penurunan tekanan uap air di udara sekitar penampang sirip. Kenaikan kecepatan udara menyebabkan terjadinya

kenaikan perpindahan panas. Seiring kenaikan perpindahan panas menyebabkan kenaikan temperatur pada sirip evaporator. Karena adanya kenaikan suhu di sirip evaporator menyebabkan terjadinya kondensasi dan meningkatkan kapasitas produksi air.

Berdasarkan kajian di atas, debit aliran udara dan RH dapat mempengaruhi kapasitas dan efisiensi penggunaan daya. Hal tersebut terjadi sebagaimana dijelaskan pada kajian di atas. Seiring meningkatnya debit aliran udara dan RH diikuti oleh meningkatnya kapasitas produksi air dan meningkatkan efisiensi penggunaan daya.

Lind (2003) melakukan penelitian tentang penyaringan elemen-elemen emisi gas buang *fluidized-bed combustion* oleh ESP. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh semakin ketatnya regulasi yang mengatur tentang partikel gas buang hasil pembakaran, hal ini disebabkan karena penelitian terbaru yang membahas tentang dampak kesehatan yang disebabkan oleh partikel halus hasil emisi gas buang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ESP mampu menyaring 96-97% partikel kontaminan dan juga partikel metal hasil emisi gas buang mesin pembakaran seperti As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, TI, dan V sehingga tingkat kandungan partikel tersebut berada jauh dibawah batas maksimal. ESP efektif dalam menyaring partikel halus karena prinsip kerja ESP yang menggunakan gaya tarik menarik antar partikel bermuatan, sehingga partikel halus pun dapat tertangkap.

Penelitian lebih lanjut tentang kemampuan ESP dalam melumpuhkan mikroorganisme dilakukan oleh Zukeran, dkk. (2018). Penelitian dilatarbelakangi oleh penerapan ESP yang tidak hanya digunakan dalam skala industri tetapi sudah

mulai digunakan sebagai sistem filtrasi udara pada rumah tangga maupun rumah sakit, hal ini tentunya mengharuskan ESP untuk dapat melumpuhkan mikroorganisme yang tersebar di udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektroda dipenuhi oleh mikroorganisme-mikroorganisme yang lumpuh atau mati, hal ini dikarenakan *corona discharge* dapat melumpuhkan mikroorganisme. *Corona discharge* merusak dinding sel mikroorganisme sehingga menyebabkan konten sel keluar dari dindingnya dan melumpuhkan mikroorganisme.

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa penggunaan ESP dapat meningkatkan kualitas air hasil produksi AWM. Hal ini dapat terjadi karena kemampuan ESP dalam menyaring partikel halus, partikel yang dihasilkan emisi gas buang, bahkan mikroorganisme yang tinggi. Efisiensi filtrasi udara yang tinggi menghasilkan udara yang bersih untuk nantinya dikondensasi oleh mesin AWM sehingga kualitas air hasil produksi menjadi lebih baik.

Schoeman dan Steyn (2002) melakukan penelitian mengenai penghilangan senyawa nitrat dalam air menggunakan RO pada kawasan padat penduduk di Afrika Selatan. Penelitian ini dilakukan karena terdapat banyak air sumur di kawasan padat penduduk Afrika Selatan yang tidak layak untuk dikonsumsi karena kandungan nitrat-nitrogen lebih dari 6 mg/L dan kadar garam terlarut diatas 1000 mg/L TDS. RO digunakan untuk memfiltrasi air sumur dengan harapan dapat mengurangi bahkan menghilangkan kandungan nitrat. Hasil didapatkan kandungan nitrat dalam air setelah tersaring oleh RO sebanyak 0,9 mg/L dari yang sebelumnya berjumlah 42.5 mg/L.

Penelitian terkait penyaringan RO dilakukan oleh Sehn (2007). Penelitian ini berfokus pada penyaringan kandungan fluoride dengan menggunakan RO di bagian Selatan Finlandia. Konsentrasi fluoride yang diijinkan menurut petunjuk air layak minum *European Union* adalah di bawah 1,5 mg/L. Hasil menunjukkan penggunaan RO dapat menyaring kandungan fluoride dalam air menjadi kurang dari 0,03 mg/L.

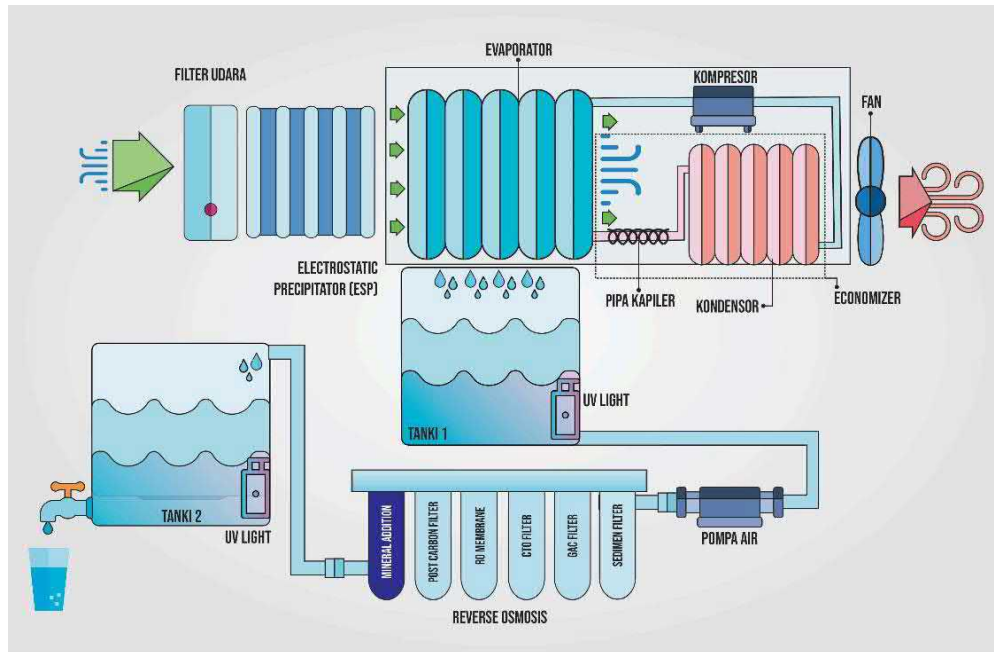
Berdasarkan penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa penggunaan RO dapat menyaring kandungan seperti nitran dan fluoride dalam air secara efektif. Kedua senyawa ini menjadi salah satu dari sekian parameter kualitas air layak minum yang harus diperhatikan jumlah kandungannya. Dengan diintegrasikannya RO pada AWM memberikan hasil produksi air yang dapat dikatakan sebagai air layak minum yang disesuaikan dengan persyaratan yang berlaku.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 *Atmospheric Water Maker*

AWM adalah alat penghasil air dari hasil ekstraksi kelembapan relative (RH) atmosfer, adapun konsep alat AWM ini dapat dilihat pada gambar 2.1. Alat ini mampu mengkonversi kelembapan atmosfer menjadi air minum dengan menggunakan prinsip kalor laten untuk mengkonversi uap air menjadi embun air (*dew*) (Tripathi, dkk., 2016: 69). Ekstraksi uap air dilakukan dengan memanfaatkan pendinginan kelembapan udara hingga lebih rendah dari temperatur *dew point* sehingga memicu kondensasi kandungan uap di udara (Magrini, dkk., 2015: 1154).

Oleh karena itu, salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi kuantitas embun air yang dihasilkan alat ini adalah RH dan temperatur *dew point*.



Gambar 2.1 Atmospheric Water Maker

2.2.2 Relative Humidity (RH)

RH merupakan indikator yang sangat mempengaruhi kandungan uap air di udara. RH merupakan perbandingan dari tekanan aktual uap air yang ada di udara (P_v) dengan tekanan saturasi uap air di udara (P_g) (Lawrence, 2004: 225; Cengel dan Boles, 2006: 719). Perbandingan kedua tekanan ini dapat dirumuskan dalam persamaan 2.1 dan 2.2 berikut:

$$RH = \frac{P_v}{P_g} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{Dengan, } P_g = P_{\text{sat}@T} \dots\dots\dots(2.2)$$

- Dimana :
- RH = *Relative Humidity*, kelembapan udara (%);
 - P_v = Tekanan aktual uap air (Pa); dan
 - P_g = Tekanan saturasi uap air pada temperatur lingkungan (Pa).

2.2.3 Kondensasi

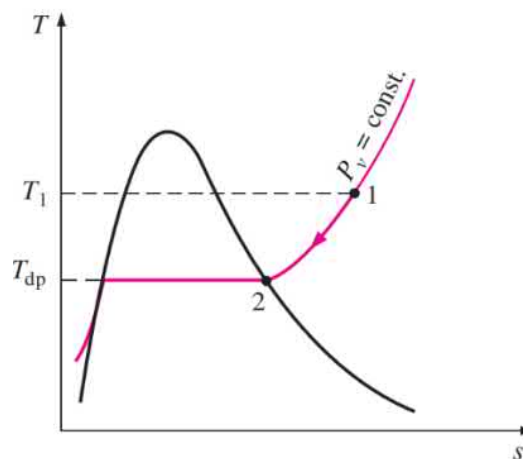
Pengaplikasian kondensasi uap sangat luas digunakan di bidang tenaga pembangkit, perpindahan panas, *water harvesting* dan *air-conditioning* (Sirohia dan Dai, 2019: 778). Kondensasi merupakan proses perubahan fasa uap (gas) menjadi fasa cair. Hal ini terjadi karena uap tidak dapat mempertahankan fasanya dikarenakan adanya pendinginan pada uap dan mencapai temperatur dibawah temperatur jenuh (Widodo dan Hasan, 2008: 67).

Temperatur jenuh dapat diketahui dengan mencari temperatur *dew point*. Temperatur *dew point* adalah temperatur pada saat kondensasi terjadi karena pendinginan uap pada tekanan konstan (Cengel dan Boles, 2006: 722; Mohamed, William dan Fatouh, 2017: 98). Temperatur *dew point* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3 berikut:

$$T_{dp} = T_{sat@P_v}, \text{ dengan } P_v = \text{Tekanan aktual uap} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana : T_{dp} = Temperatur *dew point* ($^{\circ}\text{C}$); dan

$T_{sat@P_v}$ = Temperatur saturasi pada saat tekanan aktual uap ($^{\circ}\text{C}$).



Gambar 2.2 Diagram T-s air pendinginan uap dengan tekanan konstan dan temperatur *dew point* (Cengel dan Boles, 2006: 722)

2.2.4 Debit Aliran Fluida

Debit aliran fluida sama halnya dengan volume fluida per satuan waktu. Debit aliran fluida didapat dari perkalian antara luas permukaan yang dilewati fluida dengan kecepatan fluida. Sanda (2012: 42) dan Widoro (2015: 25) menyatakan bahwa debit aliran udara dapat dihitung melalui persamaan 2.4 berikut:

$$Q = v \times A \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana : Q = Debit aliran fluida (m³/s);
 v = Kecepatan aliran fluida (m/s); dan
 A = Luas permukaan (m²).

2.2.5 Konsumsi Daya Listrik

Daya listrik digunakan untuk komponen atau alat yang menggunakan listrik sebagai sumber energinya. Daya listrik adalah jumlah usaha yang dilakukan sumber tegangan per satuan detik (Sudarmanto, 2018: 5). Perhitungan daya listrik pada saluran satu fasa didapat dari persamaan 2.5 berikut:

$$P_{DC} = V_{DC} \times I_{DC} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana : P_{DC} = Daya listrik DC (Watt);
 V_{DC} = Tegangan DC (volt); dan
 I_{DC} = Kuat arus DC (Ampere).

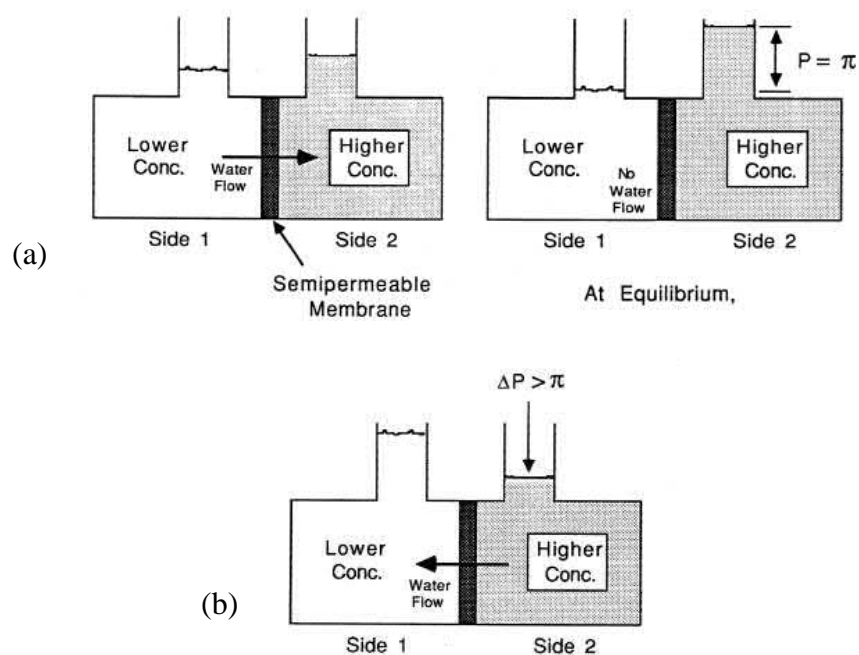
Wahid, Junaidi dan Arsyad (2014: 2) menambahkan perhitungan energi (daya) listrik yang digunakan sebuah alat dikalikan dengan waktu alat tersebut beroperasi. Jika konsumsi daya dihitung dalam satuan jam, maka konsumsi daya dalam satuan jam ditunjukkan pada persamaan 2.6 berikut:

$$W = \frac{P_{DC} \times t}{1000} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana : W = Konsumsi daya dalam satuan jam (kWh);
 P_{DC} = Daya listrik DC (Watt); dan
 t = Waktu operasional alat (jam).

2.2.6 Reverse Osmosis (RO)

Williams (2003: 1) mendefinisikan RO sebagai proses mengalirnya zat pelarut (dalam hal ini berupa air) melewati membran *semi-permeable* dari larutan konsentrasi zat terlarut rendah ke larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut lebih tinggi. Proses ini disebut proses osmosis dan terjadi hingga kesetimbangan potensial kimia dari zat pelarut terjadi, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3a. Kemudian pemurnian air dilakukan dengan memberikan tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosisnya sehingga terjadinya *reverse osmosis* arah aliran air dari konsentrasi zat terlarut tinggi menuju konsentrasi zat terlarut rendah dan terjadi pemisahan antara air dengan zat terlarut seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3b.



Gambar 2.3 Proses *osmosis* (a) dan *reverse osmosis* (b) (Williams, 2003: 2)

RO mampu memfiltrasi berbagai macam kontaminan yang terkandung pada air yang dapat menimbulkan rasa bahkan bau yang tidak sedap (Ismet, 2017: 3). Kerapatan membran RO mencapai 0,0001 mikron yang menjadikan penggunaan RO efektif untuk memfiltrasi beberapa senyawa yang harus diperhatikan dalam menentukan kelayakan air minum seperti arsenic, nitrat, fluoride dan lain-lain. Dilihat dari kemampuan RO tersebut, maka teknologi ini baik digunakan untuk menghasilkan air yang layak minum.

2.2.7 *Electrostatic Precipitator (ESP)*

ESP merupakan alat filtrasi udara dari partikel halus yang terdapat di udara lingkungan dengan menggunakan gaya tarik menarik dari muatan listrik. ESP secara luas digunakan di industri yang memerlukan filtrasi udara skala besar biasanya ditemukan pada pembakaran batu bara untuk menyaring buangan asap dari hasil pembakaran untuk mengurangi kontaminasi udara lingkungan. ESP memiliki efisiensi penyaringan partikel halus sebesar 98% sampai 99% (Wen, dkk. 2015: 123; Fitrianto, 2018).

Penggunaan ESP memiliki berbagai macam keunggulan. Menurut Bohidar, dkk. (2015: 57), keunggulan dari ESP adalah sebagai berikut:

1. *Maintenance* dan biaya operasi yang rendah;
2. Memiliki efisiensi yang tinggi dalam penangkapan partikel;
3. *Pressure drop* yang rendah;
4. Pembersihan yang mudah dengan melepas ESP dari sistem; dan
5. Partikel berukuran sebesar 0,1 mikron dapat tertangkap di ESP.

2.2.8 Kualitas Air Minum

Air minum untuk dikonsumsi harus terjamin kebersihannya agar tidak membahayakan kesehatan. Menurut Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010, air minum adalah air yang telah melalui proses pengolahan ataupun tanpa proses pengolahan yang telah melalui pengujian syarat air minum dan dapat langsung diminum. Air minum yang aman bagi kesehatan harus memenuhi beberapa parameter pengujian seperti fisika, kimia dan mikrobiologi yang mengacu pada standar kelayakan menurut Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010 dan WHO dengan rincian pada tabel 2.1 dan 2.2 berikut:

Tabel 2.1 Standar kelayakan air minum (Permenkes No 492/Menkes/Per/IV/2010)

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan	Standar WHO
I. Fisika				
1.	Bau	-	Tidak Berbau	Tidak Berbau
2.	Jumlah Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	500	<i>No guideline</i>
3.	Warna	TCU	15	15
4.	Kekeruhan	NTU	5	5
5.	Rasa	-	Tidak Berasa	Tidak berasa
6.	Suhu	°C	Suhu udara ±3°C	<i>Cool Water</i>
II. Kimia				
1.	Arsen	mg/l	0.01	0,01
2.	Fluorida (F)	mg/l	1.5	1.5
3.	Cromium	mg/l	0.05	0.05
4.	Nitrat (NO ₃)	mg/l	50	50
5.	Nitrit (NO ₂)	mg/l	3	3
6.	Sianida	mg/l	0.07	<i>No guideline</i>
7.	Alumunium (Al)	mg/l	0.2	0,2
8.	Besi (Fe)	mg/l	0.3	<i>No guideline</i>
9.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500	<i>No guideline</i>
10.	Klorida (Cl)	mg/l	250	<i>No guideline</i>
11.	Mangan (Mn)	mg/l	0.4	<i>No guideline</i>

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan	Standar WHO
12.	pH	mg/l	6,5-8,5	<i>No guideline</i>
13.	Seng	mg/l	3	<i>No guideline</i>
14.	Sulfat (SO ₄)	mg/l	250	250
15.	Amonia (NH ₄)	mg/l	1.5	<i>No guideline</i>
16.	Tembaga (Cu)	mg/l	2	2
17.	Zat Organik	mg/l	10	<i>No guideline</i>
III. Mikrobiologi				
1.	Total Coliform	Jumlah/100ml	0	0
2.	<i>Escherichia coli</i>	Jumlah/100ml	0	0

Tabel 2.2 Standar kelayakan air minum (WHO, 2017)

Parameter	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan (mg/l)
<i>Acrylamide</i>	0.0005
<i>Alachlor</i>	0.02
<i>Aldicarb</i>	0.01
<i>Aldrin and dieldrin</i>	0.00003
<i>Antimony</i>	0.02
<i>Arsenic</i>	0.01
<i>Atrazine and its chloro-s-triazine metabolites</i>	0.1
<i>Barium</i>	1.3
<i>Benzene</i>	0.01
<i>Benzo[a]pyrene</i>	0.0007
<i>Boron</i>	2.4
<i>Bromate</i>	0.01
<i>Bromodichloromethane</i>	0.01
<i>Bromoform</i>	0.1
<i>Cadmium</i>	0.003
<i>Carbofuran</i>	0.007
<i>Carbon tetrachloride</i>	0.004
<i>Chlorate</i>	0.7
<i>Chlordane</i>	0.0002
<i>Chlorine</i>	5
<i>Chlorite</i>	0.7
<i>Chloroform</i>	0.3
<i>Chlorotoluron</i>	0.03
<i>Chlorpyrifos</i>	0.03

Parameter	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan (mg/l)
<i>Chromium</i>	0.05
<i>Copper</i>	2
<i>Cyanazine</i>	0.0006
<i>2,4-Db</i>	0.03
<i>2,4-DBc</i>	0.09
<i>DDTd and metabolites</i>	0.001
<i>Dibromoacetonitrile</i>	0.07
<i>Dibromochloromethane</i>	0.1
<i>1,2-Dibromo-3-chloropropane</i>	0.001
<i>1,2-Dibromoethane</i>	0.0004
<i>Dichloroacetate</i>	0.05
<i>Dichloroacetonitrile</i>	0.02
<i>1,2-Dichlorobenzene</i>	1
<i>1,4-Dichlorobenzene</i>	0.3
<i>1,2-Dichloroethane</i>	0.03a
<i>1,2-Dichloroethene</i>	0.05
<i>Dichloromethane</i>	0.02
<i>1,2-Dichloropropane</i>	0.04
<i>1,3-Dichloropropene</i>	0.02
<i>Dichlorprop</i>	0.1
<i>Di(2-ethylhexyl)phthalate</i>	0.008
<i>Dimethoate</i>	0.006
<i>1,4-Dioxane</i>	0.05
<i>Edetic acid</i>	0.6
<i>Endrin</i>	0.0006
<i>Epichlorohydrin</i>	0.0004
<i>Ethylbenzene</i>	0.3
<i>Fenoprop</i>	0.009
<i>Fluoride</i>	1.5
<i>Hexachlorobutadiene</i>	0.0006
<i>Hydroxyatrazine</i>	0.2
<i>Isoproturon</i>	0.009
<i>Lead</i>	0.01
<i>Lindane</i>	0.002
<i>Mecoprop</i>	0.01
<i>Mercury</i>	0.006
<i>Methoxychlor</i>	0.02
<i>Metolachlor</i>	0.01
<i>Microcystin-LR</i>	0.001
<i>Molinate</i>	0.006
<i>Monochloramine</i>	3
<i>Monochloroacetate</i>	0.02

Parameter	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan (mg/l)
<i>Nickel</i>	0.07
<i>Nitrate (as NO₃⁻)</i>	50
<i>Nitrilotriacetic acid</i>	0.2
<i>Nitrite (as NO₂⁻)</i>	3
<i>N-Nitrosodimethylamine</i>	0.0001
<i>Pendimethalin</i>	0.02
<i>Pentachlorophenol</i>	0.009
<i>Perchlorate</i>	0.07
<i>Selenium</i>	0.04
<i>Simazine</i>	0.002
<i>Sodium</i>	50
<i>dichloroisocyanurate</i>	40
<i>Styrene</i>	0.02
<i>2,4,5-T</i>	0.009
<i>Terbutylazine</i>	0.007
<i>Tetrachloroethene</i>	0.04
<i>Toluene</i>	0.7
<i>Trichloroacetate</i>	0.2
<i>Trichloroethene</i>	0.02
<i>2,4,6-Trichlorophenol</i>	0.2
<i>Trifluralin</i>	0.02
<i>Uranium</i>	0.03
<i>Vinyl chloride</i>	0.0003
<i>Xylenes</i>	0.5

2.2.9 Hubungan antara Waktu dengan Kapasitas Air Hasil Produksi dan Efisiensi Penggunaan Daya AWM

Waktu pengambilan data divariasikan untuk mendapatkan variasi RH yang berbeda. Vian, dkk. (2002) melakukan penelitian mengenai TEC *dehumidifier* yaitu alat penghasil air dari kelembapan berbasis *thermoelectric cooler*. Penelitian dilakukan pada suhu lingkungan 27°C dan variasi RH 80%, 85% dan 90%. Didapatkan hasil laju aliran massa kondensasi dalam satuan l/hari meningkat seiring dengan peningkatan RH.

Penelitian lebih lanjut dilakukan oleh Kabeel, dkk. (2014) melakukan penelitian penghasil air dari atmosfer *solar-based* dengan memvariasikan RH untuk mengetahui pengaruhnya terhadap produktifitas *fresh water* atau air bersih. RH yang divariasikan sebesar 70%, 85% dan 95%. Hasil didapatkan bahwa pada RH 70% didapatkan produktifitas air sebanyak 2,679 L/h/m², pada RH 85% sebanyak 2,698 L/h/m² dan pada RH 90% sebanyak 3,9 L/h/m². Dari hasil yang didapat dapat diketahui bahwa produktifitas air sangat dipengaruhi oleh RH.

Berdasarkan penelitian di atas dapat diambil kesimpulan bahwa semakin bertambahnya nilai RH maka kapasitas produksi air juga semakin bertambah. Efisiensi penggunaan daya pun dapat diketahui dengan membandingkannya dengan kapasitas produksi per harinya. Seiring bertambahnya kapasitas produksi maka efisiensi penggunaan daya terhadap kapasitas air hasil produksi pun meningkat.

2.2.10 Hubungan antara Debit Aliran Udara dengan Kapasitas Air Hasil Produksi dan Efisiensi Penggunaan Daya AWM

Shourideh, dkk. (2018) melakukan penelitian mengenai kapasitas produksi dan efisiensi daya AWM berbasis TEC. Penelitian tersebut dilakukan dengan memvariasikan kecepatan *fan* 0 m/s (tanpa menggunakan *fan*), 1 m/s dan 2 m/s. Didapatkan hasil maksimum sebesar 116 mL/jam dan konsumsi energi spesifik sebesar 1792 kWh/m³ pada kecepatan udara 2m/s. Hasil menunjukkan bahwa seiring bertambahnya kecepatan udara maka kapasitas produksi dan efisiensi penggunaan daya meningkat.

Penelitian lebih lanjut dilakukan oleh Prasetyo (2018) dengan mengetahui pengaruh laju aliran udara terhadap kapasitas air hasil produksi mesin penangkap

air dari udara. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan kecepatan udara 0 m/s; 1,94 m/s; dan 2,64 m/s. Hasil penelitian didapat bahwa seiring bertambahnya kecepatan laju aliran udara maka kapasitas air hasil produksi mesin juga semakin bertambah. Hasil kapasitas air maksimum sebesar 4280 mL/jam pada kecepatan aliran udara 2,64 m/s. Konsumsi daya yang digunakan untuk memproduksi air juga menurun sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan daya.

Berdasarkan penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa debit aliran udara berpengaruh terhadap kapasitas air hasil produksi dan efisiensi penggunaan daya AWM. Semakin tinggi debit aliran maka semakin tinggi kapasitas air hasil produksi dan efisiensi penggunaan daya AWM. Hal tersebut terjadi karena volume udara yang masuk ke sistem refrigerasi untuk dikondensasikan menjadi lebih banyak, sehingga proses kondensasi meningkat.

2.2.11 Hubungan antara ESP dengan Kapasitas Air Hasil Produksi AWM

Hou, dkk. (2009) melakukan penelitian mengenai simulasi aliran gas pada ESP. Simulasi dilakukan pada kecepatan *inlet* sebesar 10 m/s, 20 m/s, dan 30 m/s. Hasil didapat bahwa terjadi *pressure drop* pada aliran. Wen, dkk. (2014) menyatakan bahwa filtrasi ESP memiliki resistensi aliran udara tetapi nilainya lebih kecil dibandingkan filtrasi udara berbasis fiber.

Berdasarkan penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa penggunaan ESP menyebabkan adanya *pressure drop* dan resistensi aliran udara. *Pressure drop* dan resistensi aliran udara ini mempengaruhi kuantitas udara yang masuk ke dalam AWM. Hal tersebut menyebabkan terjadinya pengurangan pada debit aliran udara

yang masuk, sehingga kuantitas udara untuk terkondensasi juga berkurang dan menyebabkan berkurangnya jumlah air yang terkondensasi.

2.2.12 Hubungan antara RO dengan Kapasitas Air Hasil Produksi AWM

Proses filtrasi RO menghasilkan air buangan. Jumlah air yang tersaring setelah melewati RO disajikan dalam *percentage recovery*. Perhitungan % *recovery* mengacu pada *Reverse Osmosis User's Manual* melalui persamaan 2.7 berikut:

$$\% \text{ Recovery} = \left(\frac{\text{Volume air yang melewati RO}}{\text{Volume air buangan RO}} \right) \times 100 \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana = *Recovery* (%)

= Volume air yang melewati RO (GPM)

= Volume air buangan RO (GPM)

Dengan adanya *percentage recovery* maka kapasitas air yang diproduksi alat AWM menjadi berkurang. Hal tersebut dikarenakan adanya air yang terbuang dan difiltrasi kembali saat melewati membran RO. Oleh karena itu, penggunaan RO berpengaruh terhadap kapasitas air hasil produksi AWM.

2.2.13 Hubungan antara ESP dengan Kualitas Air Hasil Produksi AWM

Baxter (1968) melakukan pengkondisian amonia menggunakan ESP pada pembangkit *boiler flue gases*. Hasil didapat dari kelima unit pembangkit bahwa ESP mampu mengurangi kandungan amonia sebanyak 85%. Amonia merupakan kandungan yang terdapat di udara dan memiliki bau yang menyengat sehingga penggunaan ESP sebagai filtrasi udara efisien untuk digunakan.

Penelitian lebih lanjut dilakukan oleh Zukeran, dkk. (2018) tentang kemampuan ESP dalam melumpuhkan mikroorganisme. Hasil penelitian didapatkan bahwa elektroda pada ESP dipenuhi oleh mikroorganisme yang lumpuh

atau mati. Hal ini disebabkan oleh *corona discharge* dapat melumpuhkan mikroorganisme.

Berdasarkan penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa penggunaan ESP dapat meningkatkan kualitas udara. Penyaringan partikel halus oleh ESP mampu secara baik menyaring beberapa kandungan seperti amonia dan mikroorganisme. Udara bersih nantinya akan terkondensasi menjadi embun air pada AWM sehingga kualitas kebersihan air hasil produksi AWM meningkat.

2.2.14 Hubungan antara RO dan Lampu UV dengan Kualitas Air Hasil Produksi AWM

Peng dan Escobar (2003) melakukan penelitian mengenai efisiensi filtrasi RO serta UV dan membran *nanofilter* terhadap parameter kualitas air. Hasil dari penelitian yang dilakukan yaitu penggunaan lampu UV sangat berpengaruh signifikan terhadap terjadinya konsentrasi bakteri pada air. Penggunaan RO juga sangat berpengaruh terhadap pengurangan tingkat *Dissolved Organic Carbon* (DOC) atau zat organik dan *turbidity* atau kekeruhan pada air.

Penelitian lebih lanjut dilakukan oleh Reddy, dkk. (2018) menguji performa RO terhadap kualitas air pada unit distilasi solar. Didapatkan hasil bahwa adanya pengaruh terhadap kualitas air. Penggunaan RO menghasilkan efisiensi pengurangan nilai pH, kekeruhan, *total dissolved solids* (TDS), klorida, dan tembaga dalam air.

Berdasarkan penelitian di atas penggunaan RO dan UV sangat berpengaruh terhadap kualitas air. Beberapa parameter seperti zat organik, konsentrasi bakteri, pH, kekeruhan, TDS, klorida, dan tembaga dapat berkurang akibat penggunaan RO

dan lampu UV. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan RO dan lampu UV berpengaruh terhadap kualitas air dan dapat diaplikasikan dalam air hasil kondensasi AWM.

2.2.15 Hipotesis

Berdasarkan kajian pustaka dan landasan teori di atas, hipotesis penelitian ini adalah:

1. Kenaikan RH dapat meningkatkan kapasitas air hasil produksi AWM.
2. Kenaikan RH dapat meningkatkan efisiensi penggunaan daya AWM.
3. Besarnya debit aliran udara meningkatkan kapasitas air hasil produksi AWM.
4. Besarnya debit aliran udara meningkatkan efisiensi penggunaan daya AWM.
5. Penggunaan ESP meningkatkan kualitas air hasil produksi AWM.
6. Penggunaan RO dan lampu UV meningkatkan meningkatkan kualitas air hasil produksi AWM.
7. Penggunaan ESP menurunkan kapasitas air hasil produksi AWM.
8. Penggunaan RO dan UV tidak mempengaruhi kapasitas air hasil produksi AWM.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Perancangan *prototype* AWM diperoleh dimensi AWM dengan tinggi 973 mm, lebar 486 mm dan panjang 508 mm dan hasil gambar kerja perancangan tiap sistemnya.
2. Semakin tinggi nilai RH pada pembagian waktu pengambilan data maka semakin tinggi kapasitas air hasil produksi AWM. Hasil didapat pada pagi hari dengan nilai RH 51% kapasitas air hasil produksi sebesar 10,08 L/hari, pada siang hari dengan nilai RH 42% kapasitas air hasil produksi sebesar 6,72 L/hari dan pada malam hari dengan nilai RH 74% kapasitas air hasil produksi sebesar 15,84 L/hari.
3. Semakin tinggi nilai RH pada pembagian waktu pengambilan data maka semakin tinggi efisiensi penggunaan daya AWM. Hasil didapat pada pagi hari dengan nilai RH 51% efisiensi penggunaan daya sebesar 1,01 L/kWh, pada siang hari dengan nilai RH 42% efisiensi penggunaan daya sebesar 0,66 L/kWh dan pada malam hari dengan nilai RH 74% efisiensi penggunaan daya sebesar 1,44 L/kWh.
4. Semakin tinggi debit aliran udara maka semakin tinggi kapasitas air hasil produksi AWM. Hasil didapat pada debit aliran udara 0,07 m³/s kapasitas

air hasil produksi sebesar 14,4 L/hari dan pada debit aliran udara 0,1 m³/s kapasitas air hasil produksi sebesar 15,84 L/hari.

5. Semakin tinggi debit aliran udara maka semakin tinggi efisiensi penggunaan daya AWM. Hasil didapat pada debit aliran udara 0,07 m³/s efisiensi penggunaan daya sebesar 1,28 L/kWh dan pada debit aliran udara 0,1 m³/s efisiensi penggunaan daya sebesar 1,44 L/kWh.
6. Kapasitas air hasil produksi setelah menggunakan ESP meningkat menjadi 9,12 L/hari dengan nilai RH 54% dibandingkan dengan tidak menggunakan ESP yaitu 8,64 L/hari dengan nilai RH 51%. Peningkatan hasil kapasitas produksi tersebut terjadi lebih dikarenakan oleh kenaikan nilai RH, dikarenakan resistensi penggunaan ESP kecil sehingga tidak secara signifikan mempengaruhi kenaikan kapasitas produksi.
7. Kapasitas air hasil produksi setelah menggunakan RO serta UV mengalami penghambatan. Hal tersebut dikarenakan adanya buangan air hasil filtrasi di RO. Buangan air tersebut akan dikembalikan lagi ke tahap awal filtrasi RO sehingga proses produksi menjadi terhambat. Nilai buangan air tersebut didefinisikan sebagai *percentage recovery* yang pada penelitian ini memiliki nilai sebesar 50%.
8. Penggunaan ESP berhasil menurunkan nilai kandungan amonia dalam air dari 1,61 mg/l menjadi 1,15 mg/l. ESP juga mempertahankan nilai mikroorganisme seperti total coliform dan E.coli pada nilai nol. Hasil penggunaan ESP terhadap kualitas air menunjukkan kualitas air hasil

produksi AWM layak minum menurut standar Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010.

9. Penggunaan RO berhasil dalam penurunan nilai kekeruhan dari 0,58 NTU menjadi 0,49 NTU, nilai kandungan besi (Fe) dari 0,06 mg/l menjadi 0,3 mg/l, nilai kandungan klorida (Cl) dari 0,5 mg/l menjadi 0 mg/l, nilai derajat keasaman (pH) dari 7,73 mg/l menjadi 7,69 mg/l, nilai kandungan amonia dari 3,17 mg/l menjadi 1,15 mg/l, nilai kandungan tembaga (Cu) dari 0,05 mg/l menjadi 0,01 mg/l, dan kandungan zat organik dari 10,11 mg/l dan 0,95 mg/l. Sementara itu adanya lampu UV berhasil mengurangi konsentrasi berkembangnya mikroorganisme dalam air. Hasil penggunaan RO dan lampu UV terhadap kualitas air menunjukkan kualitas air hasil produksi AWM layak minum menurut standar Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010.

5.2 Saran

1. Konfigurasi pelepasan tangki air yang lebih praktis diperlukan untuk kemudahan pada saat *maintenance*.
2. Konfigurasi pelepasan *collecting electrodes* pada ESP yang lebih praktis diperlukan untuk kemudahan pembersihan ESP dari kotoran yang menumpuk dengan cara menerapkan sistem *rapper* dan *hopper* pada ESP.
3. Jarak antara evaporator dan kondensor perlu didekatkan agar pendinginan kondensor lebih optimal.

4. Penggunaan debit udara yang lebih tinggi dengan memperbesar dimensi atau mengubah geometri *fan* pada *blower* dan memperbesar kecepatan *blower* untuk meningkatkan kapasitas air hasil produksi AWM.
5. Penggunaan filtrasi air yang memiliki hasil tanpa buangan air diperlukan untuk mengurangi penghambatan kapasitas produksi air AWM.
6. *Maintenance* rutin selama minimal 3 bulan sekali dengan mengganti atau membersihkan tiap membran RO diperlukan untuk mengurangi penumpukan kotoran pada RO.

DAFTAR PUSTAKA

- Baxter, W.A. 1968. Recent Electrostatic Precipitator Experience with Ammonia Conditioning of Power Boiler Flue Gases. *Journal of the Air Pollution Control Association* 18(12): 817-820.
- Bohidar, S.K., K.S. Naik dan P.K.Sen. 2015. Role of Electrostatic Precipitator in Industry. *Journal of Advance Research In Science And Engineering* 4(1): 53-58.
- Cengel, Y.A. dan M. A. Boles. 2006. *Thermodynamics an Engineering Approach*. 5th Edition. McGraw-Hill Science.
- Fermawati, M.S. 2019. Water Harvesting Cube. *SN Applied Sciences* 1: 779.
- Fitrianto, A. 2018. Analisa Kinerja Electrostatic Precipitator (ESP) Berdasarkan Hasil Perubahan Emisi Pada Power Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap. *Publikasi*. Universitas Teknologi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Hou, Q., A. Yu, dan B. Guo. 2009. *Numerical Simulatuion of Gas Flow in a Electrostatic Precipitator*. Artikel disajikan pada Seventh International Conference on CFD in the Minerals and Process Industries CSIRO. Melbourne. 9-11 Desember 2009.
- Ismet, M. 2017. Peran Reverse Osmosis (RO) Dalam Proses Produksi Ultra Pure Water (UPW). Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung.
- Kabeel, A.E., M. Abdulaziz, dan E. M. S. El-Said. 2014. Solar-based Atmospheric Water Generator Utilisation of a Fresh Water Recovery: A Numerical Study. *International Journal of Ambient Energy* 37: 1-8.
- Lawrence, M.G. 2004. The Relationship between Relative Humidity and the Dewpoint Temperature in Moist Air – A Simple Convection and Applications. *American Meteorological Society*: 225-234.
- Lind, T., J. H. Hokkinen dan J. K. Jokiniemi. 2003. Electrostatic Precipitator Collection Efficiency and Trace Element Emissions from Co-Combustion of Biomass and Recovered Fuel in Fluidized-Bed Combustion. *Environmental Science & Technology* 12(7): 2842-2846.
- Magrini, A., L. Cattani, M. Cartesegna dan L. Magnani. 2015. Production of Water from the Air: The Enviromental Sustainability of Air-conditioning Systems

- Through a More Intelligent Use of Resources. The Advantages of an Integrated System. *Energy Procedia* (78): 1153-1158.
- McDaniel, R.L., C. Munster dan J. Nielsen-Gammon. 2017. Crop and Location Specific Agricultural Drought Quantification: Part III. Forecasting Water Stress and Yield Trends. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 60(3): 741-752.
- Mekonnen, M.M. dan A. Y. Hoekstra. 2016. Four Billion People Facing Severe Water Scarcity. *Sustainability* 2(2): 1-6.
- Milani, D., A. Qadir, A. Vassallo, M. Chiesa dan A. Abbas. 2014. Experimentally Validated Model for Atmospheric Water Generation Using a Solar Assisted Desiccant Dehumidification System. *Energy and Buildings* 77: 236-246.
- Mohamed, M.H., G. E. William dan M. Fatouh. Solar Energy Utilization in Water Production from Humid Air. *Solar Energy* (148): 98-109.
- Peng, W., dan I. C. Escobar. 2003. Rejection Efficiency of Water Quality Parameters by Reverse Osmosis and Nanofiltration Membranes. *Environmental Science & Technology* 37(19): 4435-4441.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010. *Persyaratan Kualitas Air Minum*. Jakarta.
- Peraturan Walikota Semarang Nomor 31 Tahun 2019. *Penetapan Tarif Air Minum*. Semarang.
- Petersen, L., M. Heynen dan F. Pellicciotti. 2019. Freshwater Resources: Past, Present, Future. *The International Encyclopedia of Geography*.
- Prasetyo, A. 2018. Karakteristik Mesin Penangkap Air dari Udara yang Menggunakan Komponen Mesin AC 1,5 PK. *Skripsi*. Program Studi Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- Reddy, K.S., H. Sharon, D. Krithika, dan L. Philip. 2018. Performance, Water Quality and Enviro-economic Investigations on Solar Distillation Treatment of Reverse Osmosis Reject and Sewage Water. *Solar Energy* 173: 160-172.
- Sanda. 2012. Disain Blower dan Cerobong Untuk Membuang Limbah Baud an Ozon Iradiator Gamma 500 kCi. *Jurnal Pengelolaan Lomah (Journal of Waste Management Technology)* 1(15): 39-50.

- Sehn, P. 2007. Fluoride Removal with Extra Low Energy Reverse Osmosis Membranes: Three Years of Large Scale Field Experience in Finland. *Desalination* (223): 73-84.
- Schoeman, J.J. dan A. Steyn. 2003. Nitrate Removal with Reverse Osmosis in a Rural Area in South Africa. *Desalination* (155): 15-26.
- Shourideh, A.H., W. B. Ajram, J. A. Lami dan S. Haggag. 2018. A Comperhensive Study of an Atmospheric Water Generator Using Peltier Effect. *Thermal Science and Engineering Progress* (6): 14-26.
- Sirohia, K.G. dan X. Dai. 2019. Designing Air-independent Slippery Rough Surfaces for Condensation. *International Journal of Heat and Mass Transfer* (140): 777-785.
- Sudarmanto, P.S.P. 2018. Analisis Perbandingan Efisiensi Sistem Kelistrikan Arus Bolak-Balik dan Purwarupa Arus Searah Untuk Beban Residensial. *Skripsi*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Suryaningsih, S. dan Ootong, N. 2016. Optimal Design of an Atmospheric Water Generator (AWG) Based on Thermo-electric Cooler (TEC) for Drought in Rural Area. *AIP Conference Proceedings*.
- Tripathi, A., S. Tushar, S. Pal, S. Lodh, S. Tiwari dan R. S. Desai. 2016. Atmospheric Water Generator. *International Journal of Enhanced Research in Science, Technology & Engineering* (5): 69-72.
- Vian, J.G., D. Astrain, dan M. Dominguez. 2002. Numerial Modelling and a Design of a Thermoelectric Dehumidifier. *Applied Thermal Engineering* 22: 407-422.
- Wang, J.Y., R. Z. Wang, L. W. Wang dan J. Y. Liu. 2017. A High Efficient Semi-open System for Fresh Water Production From Atmosphere. *Energy* 138: 542-551.
- Wahid, A., Junaidi dan I. Arsyad. 2014. Analisis Kapasitas dan Kebutuhan Daya Listrik Untuk Menghemat Penggunaan Energi Listrik Di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. *Jurnal Teknik Elektro Untan* 1(2): 1-10.

- Wen, T.Y., H. C. Wang, I. Krichtafovitch dan A. V. Mamishev. 2015. Novel Electrodes of An Electrostatic Precipitator for Air Filtration. *Journal of Electronics* (73): 117-124.
- Widodo, S. dan S. Hasan. 2008. *Sistem Refrigerasi dan Tata Udara*. Jilid 1. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Widoro, E. 2015. Perhitungan Kapasitas dan Tekanan Kerja Kompresor Udara pada Sheet Metal Shop Di SMK Penerbangan Dirghantara. *Jurnal Ilmiah Aviasi Langit Biru* 1(10): 22-35.
- William, G.E., M.H. Mohamed dan M. Fatouh. 2015. Desiccant System for Water Production from Humid Air Using Solar Energy. *Energy* (90): 1707-1720.
- Williams, M.E. 2003. A Brief Review of Osmosis Membrane Technology. EET Corporation and Williams Engineering Services Company, Inc.
- World Health Organization. 2017. *Guidelines for Drinking-water Quality*. Fourth edition incorporating the first addendum. United States: WHO Press.
- World Health Organization dan UNICEF. 2015. *Progress on Sanitation and Drinking Water*. 2015 Update and MDG Assessment. United States: WHO Press.
- Zukeran, A., H. Sawano, K. Ito, R. Oi, I. Kobayashi, R. Wada dan J. Sawai. 2018. Investigation of Inactivation Process for Microorganism Collected in an Electrostatic Precipitator. *Journal of Electrostatics* (93): 70-77.