

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini manusia diresahkan dengan adanya virus yang dapat mengancam kesehatan dan juga semakin sulitnya mendapatkan air yang layak pakai. Semua itu disebabkan kelalaian dalam penanganan limbah yang semakin hari semakin menumpuk dan pada akhirnya tidak dapat terurai dengan baik. Pengolahan limbah sudah tertuang pada peraturan pemerintah republik indonesia Nomor 18 tahun 1999 Tentang Pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun. Namun upaya tersebut tidak akan berjalan dengan baik tanpa adanya pendekatan terhadap lingkungan. Hal yang paling diperlukan adalah kesadaran setiap pribadi untuk melakukan upaya penanggulangan terhadap limbah yang sudah tercipta. Pengolahan limbah dapat dilakukan dengan metode dan alat apapun selagi alat tersebut dikategorikan ramah terhadap lingkungan dan tidak memberikan efek samping terhadap sekitar.

Pada Tugas Akhir ini, penulis akan merancang sebuah alat yang mampu meningkatkan kualitas air yang sebelumnya sudah terindikasi bakteri dan juga mengalami perubahan warna seperti pada kebanyakan kolam renang diIndonesia. Selain daripada itu, alat ini juga mampu mengurangi penyebaran virus akibat udara yang terindikasi berbagai bakteri khususnya didalam ruangan. Alat ini tidak memiliki limbah karena hanya memanfaatkan energi listrik. Kemudian alat ini juga tidak mengeluarkan suara yang kuat yang menyebabkan orang-orang tidak nyaman. Hal yang benar-benar harus

diperhatikan adalah pada bagian isolasi karena alat ini memproduksi senyawa O₃ dengan memanfaatkan tegangan tinggi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dalam tugas akhir ini, dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

- a. Bagaimana cara kerja ozone generator dalam mengolah air kotor dan menetralisasi udara?
- b. Bagaimana cara mengurangi panas pada alat saat beroperasi?
- c. Bagaimana cara mengetahui kadar ozone dalam air dan juga udara?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Ozone Generator menggantikan fungsi kaporit pada air untuk tetap menjaga kemurnian air tanpa ada bau dan efek samping pada tubuh.
2. Ozone Generator dirancang dalam ukuran yang kecil untuk memperluas wilayah penggunaanya dengan cara membawanya ketempat yang diinginkan.
3. Ozone generator berperan penting dalam meminimalisir perkembangan virus yang terjadi saat ini.

1.4 Batasan Masalah

Agar masalah yang dibahas menjadi jelas dan tidak menyimpang dari topik yang akan dibahas, maka dalam penulisan skripsi ini menekankan, bahwa Permasalahan yang akan dibahas adalah:

1. Membahas Cara kerja ozone generator
2. Membahas keseluruhan komponen pendukung pada ozone generator secara umum

3. Melakukan pengukuran kadar ozone didalam air dan diudara,pengukuran arus titik-titik tertentu pada alat.

1.5 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari 5 (lima) bab yang masing-masing laporannya saling terkait dan mendukung satu sama lain untuk memperjelas pemahaman terhadap materi. Adapun sistematika penulisan adalah sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Berisi Latar belakang, Perumusan masalah, Tujuan, Batasan masalah, Metodologi, dan Sistematika penulisan.

Bab II Landasan teori

Menjelaskan beberapa teori pendukung yang berkaitan dengan Rancang Alat pengolah limbah cair dan penetralisasi udara dalam ruangan dengan pemamfaatan ozone generator.

Bab III Metode Penelitian

Menjelaskan tentang tahap penelitian, Tujuan dilakukannya penelitian alat, gambar situasi, spesifikasi komponen pendukung.

Bab IV Hasi dan Pembahasan

Menjelaskan tentang hasil uji coba alat secara teknis dari daya,kadar ozon yang dihasilkan dan analisa system.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Tentang Kesimpulan-kesimpulan yang diambil setelah melakukan uji coba dan pengukuran

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Ozone

Ozon adalah oksidan yang dapat diaplikasikan pada air dan udara. Beberapa aplikasi untuk pengolahan makanan juga ada yang menggunakan ozon sebagai pengendali reaksi kimia dengan tujuan tertentu. Disinfektan yang ada sekarang juga beberapa berbasis generator ozon (Facta et al. 2008). Ozon sangat disenangi masyarakat khususnya terkait dalam penggunaannya untuk mengolah makanan, karena bisa menggantikan fungsi zat aditif pada makanan serta merupakan teknologi yang ramah lingkungan dan tidak berbahaya bagi manusia. (O'Donnell et al. 2012)

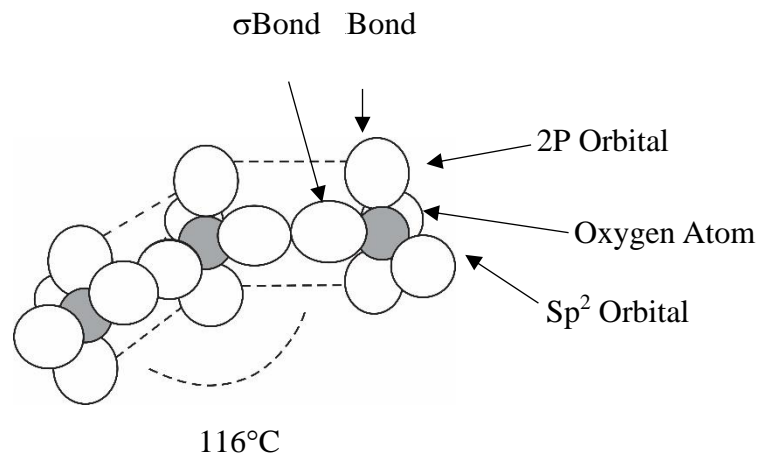
Ozon menjadi alternatif bagi industri makanan dalam perannya untuk membersihkan makanan tanpa meninggalkan residu. Pembersihan pada makanan dengan cara pembersihan menggunakan air yang didalamnya terkandung ozon dan penyimpanan makanan yang udaranya mengandung ozon. Ozon dapat berfungsi sebagai pestisida yang mengakibatkan serangga perusak makanan mati tanpa memberikan efek negatif kepada makanan yang dikenai. Rasa dari makanan adalah menjadi hal yang sangat penting bagi konsumen makanan, sehingga ozon sebagai oksidan yang digunakan untuk pengolahan makanan menjadi sangat penting.

Ozon pertama kali ditemukan oleh Schoenbein pada tahun 1839, yang mengamati bahwa elektrolisis pada air menghasilkan gas. Pertama kali ozon digunakan secara komersial sebagai disinfektan air minum di Perancis diawal tahun 1900-an. Sekarang diestimasikan ribuan air minum diproses dengan menggunakan

ozon. Kata ozon sebenarnya berasal dari bahasa Yunani yakni 'ozein' yang berarti membau. Sebenarnya arti kata ini menggambarkan permasalahan ozon pada atmosfer rendah.

Ozon berada pada lapisan stratosfer dan lapisan ini terletak sepuluh sampai lima puluh kilometer di atas permukaan bumi. Pada kehidupan sehari-hari ozon juga berfungsi menyerap seluruh radiasi ultra violet meliputi UV-A dengan panjang gelombang lebih dari 320 nanometer, UV-B dengan panjang gelombang antara 290 sampai 320 nanometer dan UV-C dengan panjang gelombang kurang dari 290 nanometer. Pada tahun 1930 ada seorang ilmuwan berkebangsaan Inggris bernama Sydney Chapman yang menjelaskan bagaimana ozon terbentuk dan rusak di atmosfer. Menurut Chapman bahwa molekul Oksigen menyerap cahaya ultraviolet dengan panjang gelombang yang pendek. Ozon melindungi bumi dari sinar ultraviolet yang tidak bisa diterima langsung oleh manusia. Namun pada faktanya terdapat fenomena penipisan lapisan ozon yang disebabkan oleh fenomena kimia karena adanya Klorin dan Bromin yang merusak Ozon dalam jumlah besar. (Gillespie 2005)

Secara alami ozon terbentuk secara fotokimia pada lapisan stratosfer, dengan listrik tegangan tinggi yang memancarkan bunga api. Kereaktifan ozon sangat dipengaruhi oleh struktur dari molekulnya. Molekul ozon terdiri dari tiga atom Oksigen yang pada valensi tiap atom Oksigen terdapat dua elektron yang tidak memiliki pasangan. Masing – masing menempati orbital 2p. Hal ini berarti selama atom Oksigen berada pada formasi, tiga atom dikombinasi seperti pada gambar berikut:



Gambar 2. 1 Gambar struktur molekul Ozon (O'Donnell et al.2012)

Struktur molekul ozon .Berdasarkan Gambar 2.1. diketahui bahwa sudut yang dibentuk oleh tiga atom Oksigen sebesar $116^{\circ}49'$. Telah diketahui bahwa ozon adalah oksigen triatomik yang terbentuk dari hasil penambahan dari sebuah Oksigen radikal terhadap molekul Oksigen (O'Donnell et al. 2012) .Warna dari ozon adalah biru ketika berada pada temperatur biasa yang dihasilkan dari udara kering. Namun menjadi tidak berwarna ketika dihasilkan dari oksigen yang sangat murni.

Daya larut ozon pada air dipengaruhi oleh temperatur, daya larut ozon di air akan berkurang saat temperaturnya bertambah. Telah diketahui bahwa solubilitas ozon pada suhu 0°C adalah 0.6401 ozon/L air, sedangkan pada saat temperatur 60°C ozon tidak bisa larut dalam air. Pada temperatur ruangan ozon adalah gas yang tidak stabil. Kemurnian air mempengaruhi kestabilan ozon. Pada sisi yang lain, untuk menghasilkan ozon, molekul oksigen diatomik terlebih dahulu harus dipisah.

Ozon dapat menjadi racun, kadar racun pada ozon tergantung pada konsentrasi dan besar keberadaanya. Pada saat kandungan ozon 0,1-1.0 ppm efek yang ditimbulkan adalah sakit kepala, mimisan, iritasi mata, tenggorokan kering dan

iritasi pernafasan. Namun pada saat kadar ozon 1-100ppm gejala yang ditimbulkan lebih banyak termasuk asma, kelelahan, dan kehilangan nafsu makan (O'Donnell et al. 2012).

2.2 Pencemaran Air

Pencemaran air yaitu masuknya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam air, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Menurut Kristanto (2002) pencemaran air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal. Air dapat tercemar oleh komponen-komponen anorganik, diantaranya berbagai logam berat yang berbahaya. Komponen-komponen logam berat ini berasal dari kegiatan industri. Kegiatan industri yang melibatkan penggunaan logam berat antara lain industri tekstil, pelapisan logam, cat/ tinta warna, percetakan, bahan agrokimia dll. Beberapa logam berat ternyata telah mencemari air, melebihi batas yang berbahaya bagi kehidupan (Wisnu, 1995).

Adanya logam berat dalam lingkungan perairan telah diketahui dapat menyebabkan beberapa kerusakan pada kehidupan air. Di samping itu terdapat fakta bahwa logam berat membunuh mikroorganisme. Hampir semua garam-garam logam berat dapat larut dalam air dan membentuk larutan sehingga tidak dapat dipisahkan dengan pemisahan fisik.

Adanya logam berat dalam lingkungan perairan telah diketahui dapat menyebabkan beberapa kerusakan pada kehidupan air. Di samping itu terdapat fakta bahwa logam berat membunuh mikroorganisme. Hampir semua garamgaram logam berat dapat larut dalam air dan membentuk larutan sehingga tidak dapat

dipisahkan dengan pemisahan fisik. Seiring dengan peningkatan pertumbuhan penduduk, maka semakin meningkat pula usaha untuk memenuhi berbagai kebutuhan yang mengikutinya. Sehingga semakin variatif pula aktivitas manusia. Salah satunya aktivitas industri. Akan tetapi pertumbuhan industri ini memiliki efek samping yang kurang baik. Sebab industri-industri kecil tersebut 9 pada umumnya membuang limbahnya langsung ke selokan / badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hal ini dapat menyebabkan pencemaran air karena dalam limbah tersebut mengandung unsur toksik yang tinggi. Industri sablon merupakan salah satu industri penghasil limbah cair.

Bahan pencemar industri sablon berasal dari proses pewarnaan, proses produksi film dan pelat processor. Bahan pencemar terdapat di tinta warna, bahan pelarut, bahan pencair dan bahan pengering. Bahan pencemar mengandung unsur/bahan kimia berbahaya seperti alkohol/aseton dan esternya serta logam berat seperti krom, kadmium, cobalt, mangan dan timah.

Faktor paling umum yang menyebabkan pencemaran air diantaranya:

a. Sampah

Sampah merupakan material sisa yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu proses. Sampah merupakan didefinisikan oleh manusia menurut derajat keterpakaiannya, dalam proses-proses alam sebenarnya tidak ada konsep sampah, yang ada hanya produk-produk yang dihasilkan setelah dan selama proses alam tersebut berlangsung. Akan tetapi karena dalam kehidupan manusia didefinisikan konsep lingkungan maka sampah dapat dibagi menurut jenis-jenisnya. Berdasarkan sumbernya :

1. Sampah alam
2. Sampah manusia
3. Sampah konsumsi
4. Sampah nuklir
5. Sampah industry
6. Sampah pertambangan

Berdasarkan sifatnya :

1. Sampah organik dapat diurai (degradable) Sampah Organik, yaitu sampah yang mudah membusuk seperti sisa makanan, sayuran, daun-daun kering, dan sebagainya. Sampah ini dapat diolah lebih lanjut menjadi kompos
2. Sampah anorganik tidak terurai (undegradable) Sampah Anorganik, yaitu sampah yang tidak mudah membusuk, seperti plastik wadah pembungkus makanan, kertas, plastik mainan, botol dan gelas minuman, kaleng, kayu, dan sebagainya. Sampah ini dapat dijadikan sampah 11 komersil atau sampah yang laku dijual untuk dijadikan produk lainnya. Beberapa sampah anorganik yang dapat dijual adalah plastik wadah pembungkus makanan, botol dan gelas bekas minuman, kaleng, kaca, dan kertas, baik kertas koran, HVS, maupun karton.

b. Limbah air

1. Pengertian air limbah

Menurut Arief (2016), limbah adalah buangan yang di hasilkan dari suatu proses produksi, baik industri maupun domestik (rumah tangga). Limbah lebih di kenal sebagai sampah, yang keberadaannya sering tidak dikehendaki dan mengganggu lingkungan, karena sampah dipandang tidak memililh nilai ekonomis.

Limbah industri berasal dari kegiatan industri, baik karena proses secara langsung maupun proses secara tidak langsung. Limbah dari kegiatan industri adalah limbah yang terproduksi bersamaan dengan proses produksi, di mana produk dan limbah hadir pada saat yang sama. Sedangkan limbah tidak langsung terproduksi sebelum proses maupun sesudah proses produksi.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup. Menurut Ehless dan Steel dalam Chandra (2006), air limbah adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri, dan tempat-tempat umum lainnya dan biasanya mengandung bahan-bahan atau zat yang dapat membahayakan kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan.

2. Sifat sifat air limbah

Air limbah mempunyai sifat-sifat yang dapat dibedakan menjadi tiga bagian yaitu: sifat fisik, sifat kimiawi dan sifat biologis (Suyasa, 2015). Adapun cara pengukuran yang dilakukan pada setiap jenis dari sifat-sifat tersebut dilakukan dengan cara yang berbeda-beda sesuai dengan keadaannya. Analisis jumlah dan satuan biasanya diterapkan untuk menelaah bahan kimianya, sedangkan analisis menggunakan penggolongan, banyak diterapkan untuk kandungan biologinya. Adapun ketreangan tentang sifat fisik, sifat kimiawi, kandungan biologis limbah

serta sumber utama munculnya sifat itu dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 2. 1 Sifat dan sumber air limbah

No	Sifat-sifat Air Limbah	Sumber Asal Air Limbah
1	Sifat fisik	Warna Air buangan rumah tangga dan industri serta bangkai benda organis
		Bau Pembusukan air limbah dan limbah industri
		Endapan Penyediaan air minum, air limbah rumah tangga dan industri, erosi tanah, aliran air rembesan
		Temperature Air limbah rumah tangga dan industri
2	Sifat kimia (Organik)	Karbohidrat Air limbah rumah tangga, perdagangan serta limbah industri
		Minyak, lemak, lemak, lemak, lemak, lemak Air limbah rumah tangga, perdagangan serta limbah industri
		Pestisida Air limbah pertanian
		Fenol Air limbah industri
		Protein Air limbah rumahtangga, perdagangan
		Deterjen Air limbah rumahtangga, industri
		Lain-lain Bangkai bahan organik alamiah
3	Sifat kimia (Anorganik)	Kesadahan Air limbah dan air minum rumah tangga serta rembesan air tanah

		Klorida	Air limbah dan air minum rumahtangga, rembesan air tanah dan pelunak air
		Logam berat	Air limbah industri
		Nitrogen	Air limbah rumahtangga dan pertanian
		Ph	Air limbah industri
		Fosfor	Air limbah rumahtangga dan industri serta limpahan air hujan
		Belerang	Air limbah dan air minum rumahtangga serta limbah industri
4	Sifat kimia (Bahan-bahan beracun)	Hidrogen sulfida	Pembusukan limbah rumahtangga
		Metan	Pembusukan limbah rumahtangga
		Oksigen	Penyediaan air minum rumahtangga serta perembesan air permukaan
5	Sifat biologis	Binatang	Saluran terbuka dan bangunan pengolah
		Tumbuh-tumbuhan	Saluran terbuka dan bangunan pengolah
		Protista	Air limbah rumahtangga dan bangunan pengolah
		Virus	Air limbah rumahtangga

3. Karakteristik air limbah

a. Karakter fisik

Karakter fisik air limbah ditentukan oleh polutan yang masuk ke dalam air limbah dan memberikan perubahan fisik pada air limbah tersebut. Karakteristik fisik tersebut adalah suhu, kekeruhan, warna dan bau yang disebabkan oleh adanya bahan tersuspensi dan terlarut didalamnya. Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Adapun sifat fisik yang penting adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta bau dan warna dan juga temperatur (Suyasa, 2015).

b. Karakter kimia

Karakteristik kimia air limbah ditentukan dengan adanya polutan dari bahan kimia (chemical). Chemical tersebut terdapat dalam bentuk terlarut dalam bentuk ion-ion dan tersuspensi dalam bentuk senyawanya. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih. Selain itu, akan lebih berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan yang beracun. Menurut Sugiharto (1987) dalam Suyasa (2015), bahan kimia yang penting yang ada di dalam air limbah pada umumnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut : Bahan organik, pH, klorida, kebasaaan, sulfur, zat beracun, protein, karbohidrat, minyak dan lemak, fenol, bahan anorganik, logam berat, metan, nitrogen, fosfor, dan gas.

4. Sumber air limbah

Menurut Mulia (2005), air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestic) maupun industri (industry).

a. Air limbah rumah tangga

Air limbah rumah tangga terdiri dari 3 fraksi penting yaitu Tinja (faeces),

berpotensi mengandung mikroba patogen. Air seni (urine), umumnya mengandung Nitrogen dan Posfor, serta kemungkinan kecil mikroorganisme. grey water, merupakan air bekas cucian dapur, mesin cuci dan kamar mandi. Grey water sering juga disebut dengan istilah sullage.

b. Air limbah industri

Berbeda dengan air limbah rumah tangga, zat-zat yang terkandung di dalam air limbah industri sangat bervariasi sesuai dengan pemakaiannya di masing-masing industri, oleh sebab itu, dampak yang diakibatkannya juga sangat bervariasi, bergantung kepada zat-zat yang terkandung didalamnya.

2.3 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah suatu kondisi di mana kualitas udara menjadi rusak dan terkontaminasi oleh zat-zat, baik yang tidak berbahaya maupun yang membahayakan kesehatan tubuh manusia. Pencemaran udara biasanya terjadi di kota-kota besar dan juga daerah padat industri yang menghasilkan gas-gas yang mengandung zat di atas batas kewajaran. Pada umumnya bahan pencemar udara adalah berupa gas-gas beracun (hampir 90 %) dan partikel-partikel zat padat. Gas-gas beracun ini berasal dari pembakaran bahan bakar kendaraan, dari industri dan dari rumah tangga. Selain gas-gas beracun di atas, pembakaran bahan bakar kendaraan juga menghasilkan partikel-partikel karbon dan timah hitam yang beterbangan mencemari udara. Sumber pencemaran udara dapat berasal dari berbagai kegiatan antara lain industri, transportasi, perkantoran, dan perumahan. Sumber pencemaran udara juga dapat disebabkan oleh berbagai kegiatan alam, seperti kebakaran hutan, gunung meletus, gas alam beracun, dan lain-lain

Prinsip dari pencemaran udara adalah bilamana dalam udara terdapat unsur - unsur pencemar (biasa disebut polutan baik primer maupun sekunder yang bersumber dari aktifitas alam dan kebanyakan dari aktifitas manusia) yang dapat mempengaruhi keseimbangan udara normal dan mengakibatkan gangguan terhadap kehidupan manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan dan benda-benda lain.

Menurut asalnya, pencemaran udara dapat dibagi menjadi dua macam, yakni :

a. Pencemaran Udara Alami

Masuknya zat pencemar ke dalam udara / atmosfer, akibat proses - proses alam seperti asap kebakaran hutan, debu gunung berapi, pancaran garam dari laut, debu meteoroid dan sebagainya.

b. Pencemaran Udara Non- Alam

Masuknya zat pencemar ke dalam udara yang disebabkan oleh aktifitas manusia seperti gas beracun, asap dari hasil industry, asap kendaraan bermotor maupun, asap rokok yang mengandung karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), sulfur oksida (SO₂), nitrogen oksigen (NO, NO₂, NO_x), CFC, dan sebagainya.

Salah satu senyawa berbahaya yang dihasilkan adalah karbon monoksida

Sumber pencemaran udara dapat dibagi menjadi:

1. Sumber alami

- ❖ Meletusnya gunung berapi : emisi SO₂, H₂S, CH₄, dan partikulat.
- ❖ Kebakaran hutan : emisi HC, CO dan Partikulat berupa asap

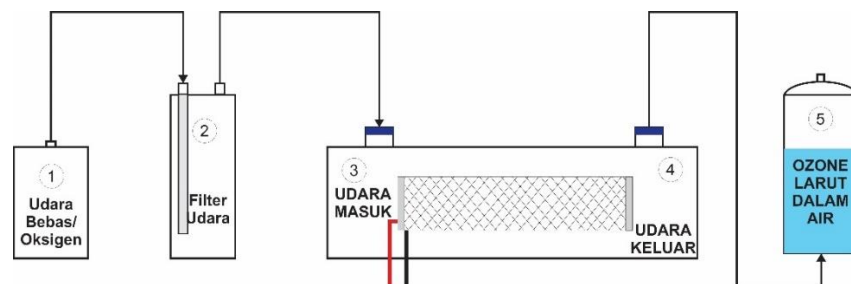
2. Kegiatan manusia

- ❖ Transportasi
- ❖ Industri
- ❖ Gas buang pabrik yang menghasilkan gas berbahaya seperti CFC

Adapun dampak dari pencemaran udara tersebut adalah menyebabkan penurunan kualitas udara, yang berdampak negatif terhadap kesehatan manusia. Semakin banyak kendaraan bermotor dan alat-alat industri yang mengeluarkan gas yang mencemarkan lingkungan akan semakin parah pula pencemaran udara yang terjadi.

2.4 Ozone Generator

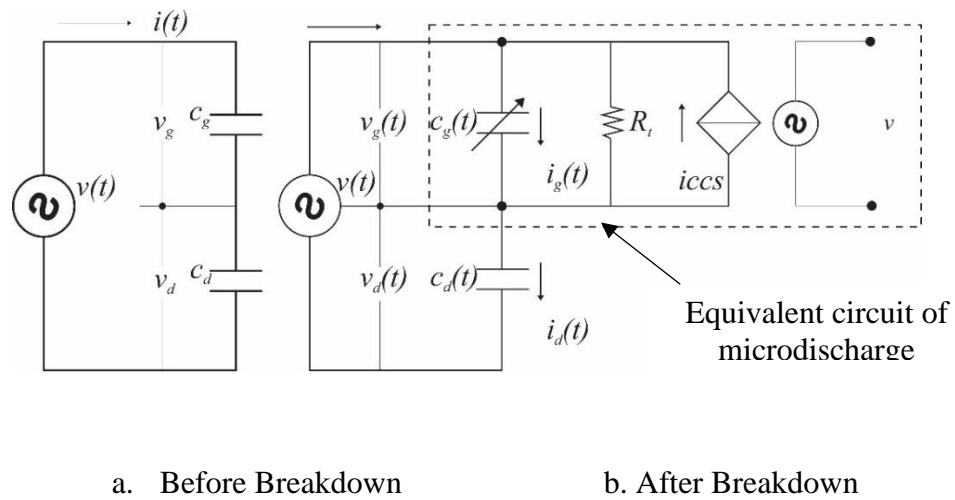
Berdasarkan kuatnya sebagai oksidan dan ramah lingkungan, maka ozon banyak diaplikasikan dalam berbagai hal seperti pengolahan air, pereduksi asap, kontrol bau, penghilang warna, disinfektan, terapi medis, pengolahan makanan dan lain sebagainya.



Gambar 2. 2 Gambaran sistem generator ozone yang telah terintegrasi

Pada umumnya generator ozon terdiri dari sumber tegangan tinggi, elektroda dan dielektrikum yang berada dalam reaktor ozon. Pada generator ozon yang menggunakan elektroda plat paralel medan listrik yang terjadi tidak homogen. Medan listrik pada bagian tepi lebih lemah jika dibanding dengan medan listrik yang timbul pada bagian tengah elektroda. Dielectric barrier discharge merupakan piranti yang sangat efisien dalam skala industri karena efektif dan ekonomis.

Dielectric barrier discharge secara umum dapat digambarkan dengan menggunakan banyak filamen atau bisa disebut dengan microdischarge. Sehingga DBD dapat dibuat rangkaian ekivalennya seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2. 3 Rangkaian ekivalen reaktor DBD

Pada gambar 2.3 Tersebut $v(t)$ adalah tegangan rangkaian, $i(t)$ adalah total arus listrik, $i_d(t)$ adalah arus perpindahan pada *barrier*, $i_g(t)$ adalah arus perpindahan pada bagian gap antar elektroda, i_{ccs} adalah arus yang melewati CCS, $v_d(t)$ tegangan yang ada pada *dielectric barrier* dan $v_g(t)$ adalah tegangan pada bagian gap antara dua elektroda (C. Zhang et al. 2010). Berdasarkan hukum Kirchoff, maka rangkaian pada gambar 2.3.dapat dihitung

$$i_{ccs}(t) = i(t) - i_g(t) = i(t) - C_g \frac{dv_g(t)}{dt} \quad (2.1)$$

$$i(t) = i_d(t) = C_g \frac{dv_g(t)}{dt} \quad (2.2)$$

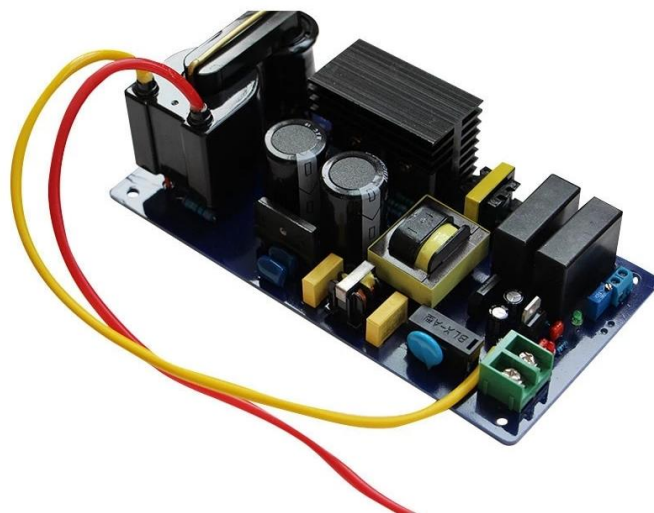
$$\frac{dv(t)}{dt} = \frac{dv_g(t)}{dt} + \frac{dv_d(t)}{dt} \quad (2.3)$$

Berdasarkan persamaan 2.1,2.2,2.3, maka i_{ccs} (arus *controlled current sources*) dapat dicari dengan persamaan berikut

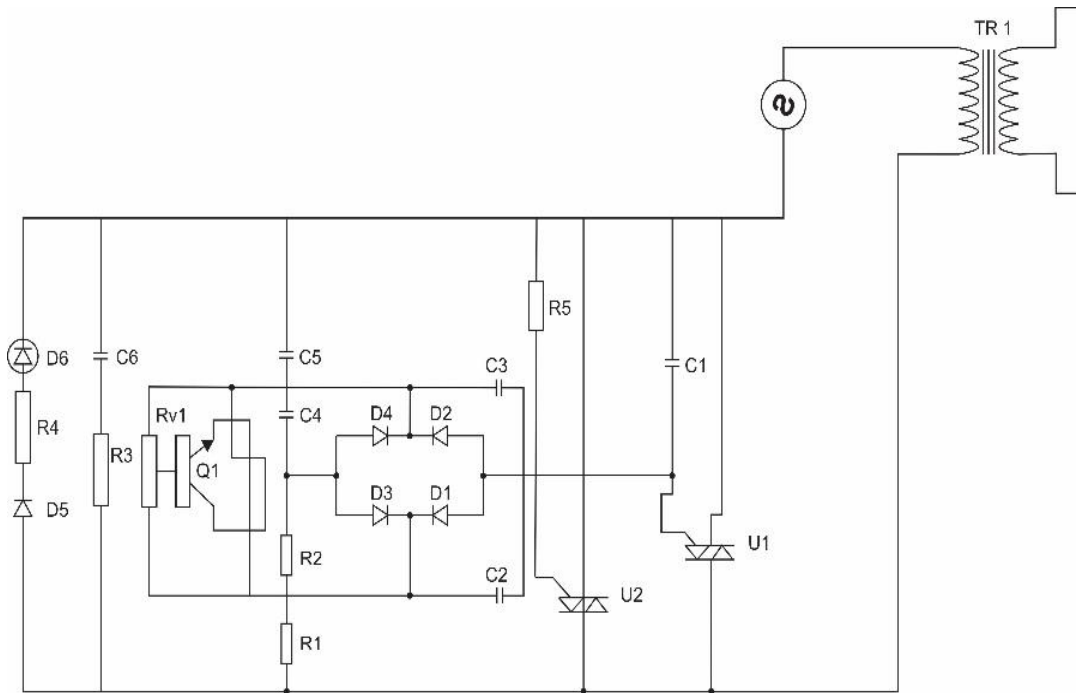
$$i_{ccs}(t) = \left(1 + \frac{c_g}{c_d}\right) i(t) - C_g \frac{dv(t)}{dt} \quad (2.4)$$

2.4.1 Trafo Pembangkit

Dibawah ini merupakan bentuk fisik salah satu trafo pembangkit yang didalamnya sudah dirangkai sekecil mungkin sehingga terlihat dalam bentuk yang menarik. Trafo ozon yang sudah dirakit memiliki kapasitas daya dan frekuensi yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan.

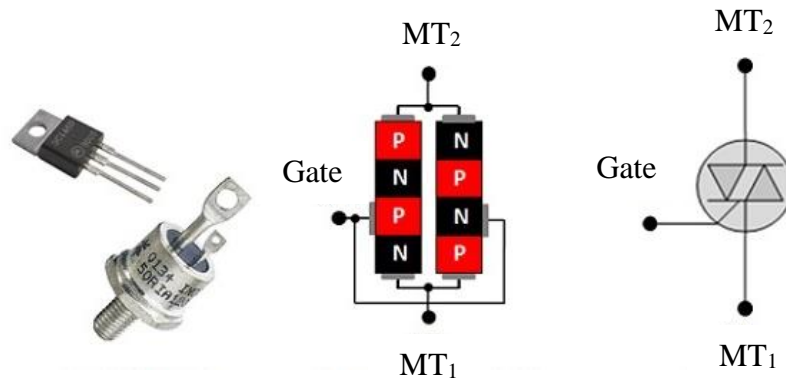


Gambar 2. 4 Bentuk fisik trafo Ozone



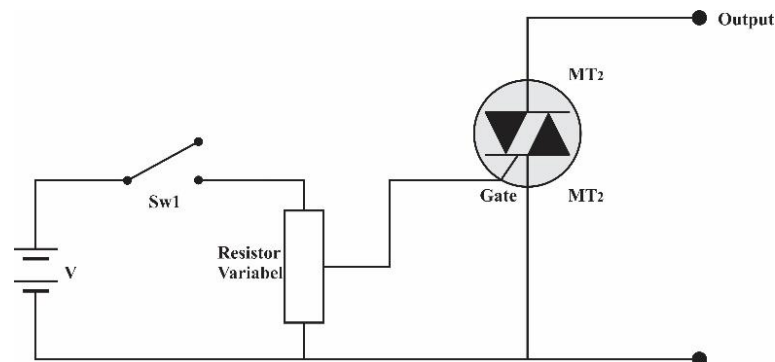
Gambar 2. 5 Rangkaian trafo ozone

Rangkaian ini berfungsi untuk mengatur output trafo sehingga dapat mengeluarkan tegangan trafo sesuai dengan keinginan. Prinsip kerja rangkaian regulator ini adalah menggunakan triac sebagai komponen saklar elektrik atau sebagai komponen switching. Triac merupakan komponen yang sangat cocok untuk digunakan sebagai AC Switching (Saklar AC) karena dapat mengendalikan aliran arus listrik pada dua arah siklus gelombang bolak-balik AC. Kemampuan inilah yang menjadi kelebihan dari TRIAC jika dibandingkan dengan SCR. Namun TRIAC pada umumnya tidak digunakan pada rangkaian switching yang melibatkan daya yang sangat tinggi. Salah satu alasannya adalah karena karakteristik Switching TRIAC yang non-simetris dan juga gangguan elektromagnetik yang diciptakan oleh listrik yang berdaya tinggi itu sendiri. Adapun bentuk fisik dan simbol triac seperti gambar berikut:



Gambar 2. 6 Bentuk fisik dan dimbol TRIAC

Cara kerja Triac juga dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 2. 7 Rangkaian TRIAC

Penempatan rangkaian regulator trafo ini ditempatkan pada jalur input trafo. Arus input trafo diatur sehingga tegangan output trafo berubah sesuai dengan arus input yang diatur oleh rangkaian regulator trafo tersebut. Triac akan tersambung (on) ketika ada arus positif kecil melewati terminal gate MT1, dan polaritas MT2 lebih tinggi dari MT1, semakin besar tegangan gate, maka semakin kecil hambatan dan arus yang mengalir melewati triac semakin besar. Pengaturan tegangan gate

pada triac berasal dari kaki base yang dihubungkan menuju potensiometer dan kemudian diberikan menuju diode yang disusun secara jembatan atau bridge. Hal ini bertujuan untuk memberikan tegangan bias pada pin gate. Led terpasang sebagai indikator bahwa rangkaian regulator tersambung (on). Masing-masing alat utama dirangkai menjadi rangkaian skematis.

Pada bagian input trafo ozone juga terdapat sebuah potensiometer yang difungsikan sebagai injeksi dalam mengatur besar kecilnya output dari trafo. Potensiometer dengan tipe WTH118 ini memiliki nilai tahanan sebesar 10KOhm dan daya maksimum sebesar 2 watt. Berikut bentuk fisik potensiometer jenis WTH118.



Gambar 2. 8 Potensiometer

2.4.2 Tabung Reaktor Ozone

Tabung Reaktor Ozone memiliki banyak variasi, dimana salah satunya adalah seperti pada gambar dibawah, pada sisi dalam dan luar tabung dikasih kawat stainless sehingga antara keduanya hanya dibatasi kaca tahan panas dengan ketebalan 2 millimeter. Setelah kedua elemen tersebut diberikan tegangan positif dan negative, maka pada kawat stainless akan terlihat sinar biru berupa sengatan

listrik kecil. Selanjutnya akan ditampung kedalam wadah sebelum ditransfer kemedi yang diinginkan.

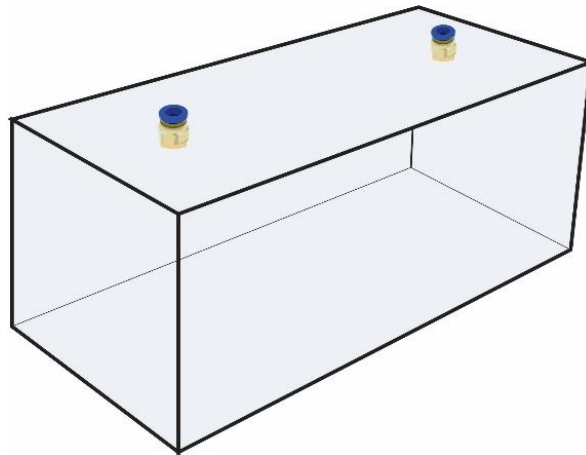


Gambar 2. 9 Tabung Reaktor Ozon

Tabung reaktor ozon ini memiliki panjang 10 cm, dengan tebal 0,1 cm dan berdiameter 2,6 cm. pada sisi ujung tabung terdapat celah atau lubang yang memiliki ukuran yang sama pada keduanya yang berfungsi sebagai lubang masukan gas oksigen, dan lubang keluaran gas ozon.

2.4.3 Wadah Produksi Ozon

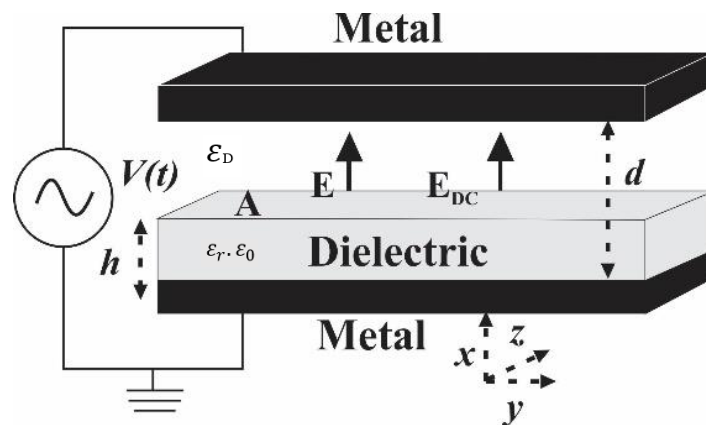
Wadah berikut terbuat dari akrilik dibentuk menjadi kotak yang sisi-sisinya tertutup rapat. Reaktor ozon akan ditempatkan didalam kotak berikut kemudian dari sisi atasnya terdapat dua nepel pneumatik dimana nepel pertama sebagai jalur masuknya Oksigen dan nepel kedua sebagai jalur keluarannya Ozon (O_3).



Gambar 2. 10 Tabung Reaktor Ozone

2.5 Pendekatan Elektrostatik

Pada dua buah lempeng logam yang diisi bahan dielektrikum tertentudengan jarak antar plat adalah d seperti gambar 2.10.



Gambar 2. 11 parallel plate waveguide (Torregrosa et al. 2006).

Berdasarkan gambar 2.11 dapat dilakukan pendekatan terhadap besaran elektrostatik dengan memberikan tegangan antara dua elektroda adalah

$v(t) = V_0 \sin(2\pi ft + \alpha)$ dengan V_0 adalah amplitudo tegangannya, f adalah frekuensi dan α adalah fase mula – mula saat $t=0s$ (Torregrosa et al. 2006). Medan listrik yang tegak lurus dari kedua plat adalah $E = E_0 \sin(2\pi ft + \alpha)$ \hat{x} $E = E_0 \sin(2\pi ft + \alpha)$ dengan E_0 dapat dihitung berdasarkan pendekatan elektrostatik yang ditunjukkan dengan persamaan $\sin \alpha \pm \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2}(\alpha \pm \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha \mp \beta)$

$$E_r = \frac{V_0 \epsilon_r}{h + \epsilon_r(d-h)} \quad (2.5)$$

Pada kasus ini elektron akan masuk kedalam bahan dielektrikum yang ada karena memiliki potensial yang negatif. Berdasarkan persamaan terlihat bahwa ketebalan bahan dielektrikum, jarak gap antara dua plat dan bahan dielektrikunya mempengaruhi besarnya medan listrik.

2.6 Elektroda Ozone Generator

Generator ozon memiliki beberapa komponen penting salah satunya adalah elektroda. Elektroda terdiri dari elektroda positif dan elektroda negatif yang disambungkan dengan *power supply* tegangan tinggi. Pada beberapa penelitian ada beberapa variasi penggunaan elektroda, seperti baja, aluminium dan bahkan ada yang menggunakan air murni. Pada saat kedua elektroda dihubungkan dengan sumber tegangan tinggi maka *dielectric barrier discharge* muncul.

Pada sebuah penelitian diketahui bahwa perbedaan penggunaan elektroda mengakibatkan perbedaan hasil pengukuran arus pelucutan. Berdasarkan eksperimen terbukti bahwa dari ketiga elektroda, pada elektroda air memiliki arus DBD yang lebih kecil dari arus DBD elektroda aluminium dan baja. Hal ini terjadi

karena hambatan air yang tinggi yakni $150\text{k}\Omega$, sehingga berdasarkan konsep dasar akan mengakibatkan arus yang lewat bernilai kecil. Energi yang dibutuhkan untuk satu siklus pelucutan dapat dihitung dengan persamaan (2.6)

$$W = \int_{t_0 - \frac{T}{2}}^{t_0 + \frac{T}{2}} v(t) \cdot i(t) dt \quad (2.6)$$

Dimana T adalah periode dari tegangan, $i(t)$ adalah arus yang mengalir pada reaktor pelucutan sedangkan $v(t)$ adalah tegangan yang digunakan untuk menyuplai reaktor. Penggunaan elektroda yang berbeda juga digunakan untuk menganalisa emisi yang ditimbulkan saat pelucutan. Berdasarkan eksperimen terlihat bahwa emisi cahaya yang dihasilkan elektroda air lebih lemah dari pada reaktor yang menggunakan elektroda baja dan aluminium.

Jenis bahan elektroda mempengaruhi hasil pelucutan pada ruang reaktor. Namun dimensi dan desain elektroda juga akan mempengaruhi pelucutan serta kadar ozon yang dihasilkan. Penggunaan elektroda *multiple parallel* lebih efisien dalam menghasilkan kadar ozon dibanding hanya menggunakan elektroda tunggal. Emisi cahaya yang ditimbulkan oleh elektroda *multiple parallel* juga lebih kuat dibanding emisi cahaya oleh elektroda tunggal. Selain berkaitan dengan efisiensi pembentukan ozon, desain elektroda juga mempengaruhi konversi oksida nitrat.

2.7 Komponen Pendukung

Beberapa komponen lain juga berperan penting untuk mendukung kinerja dari trafo ozone diantaranya:

2.7.1 MCB (Miniatur Circuit Breaker)

MCB merupakan perangkat elektromekanikal yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian listrik dari arus yang berlebihan. Dengan kata lain, MCB dapat memutuskan arus listrik secara otomatis ketika arus listrik yang melewati MCB tersebut melebihi nilai yang ditentukan. Namun saat arus dalam kondisi normal, MCB dapat berfungsi sebagai saklar yang bisa menghubungkan atau memutuskan arus listrik secara manual.



Gambar 2. 12 MCB 1 Pole

MCB pada dasarnya memiliki fungsi yang hampir sama dengan Sekering (FUSE) yaitu memutuskan aliran arus listrik rangkaian ketika terjadi gangguan kelebihan arus. Terjadinya kelebihan arus listrik ini dapat dikarenakan adanya hubung singkat (Short Circuit) ataupun adanya beban lebih (Overload). Namun MCB dapat di-ON-kan kembali ketika rangkaian listrik sudah normal, sedangkan Fuse/Sekering yang terputus akibat gangguan kelebihan arus tersebut tidak dapat digunakan lagi.

Prinsip kerja MCB yaitu pada kondisi Normal, MCB berfungsi sebagai sakelar manual yang dapat menghubungkan (ON) dan memutuskan (OFF) arus

listrik. Pada saat terjadi Kelebihan Beban (Overload) ataupun Hubung Singkat Rangkaian (Short Circuit), MCB akan beroperasi secara otomatis dengan memutuskan arus listrik yang melewatinya. Secara visual, kita dapat melihat perpindahan Knob atau tombol dari kondisi ON menjadi kondisi OFF. Pengoperasian otomatis ini dilakukan dengan dua cara seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini yaitu dengan cara Magnetic Tripping (Pemutusan hubungan arus listrik secara Magnetik) dan Thermal Tripping (Pemutusan hubungan arus listrik secara Thermal/Suhu).

2.7.2 Push Button

Push button switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat / saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan unlock (tidak mengunci). Sistem kerja unlock disini berarti saklar akan bekerja sebagai device penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal.

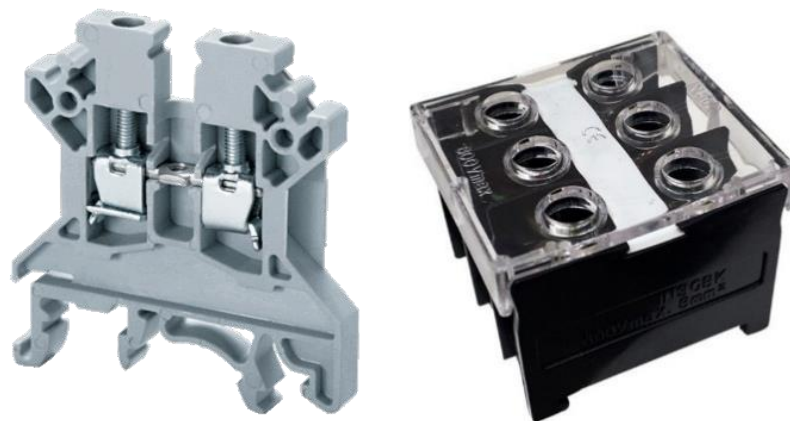


Gambar 2. 13 Push Button

Sebagai device penghubung atau pemutus, push button switch hanya memiliki 2 kondisi, yaitu On dan Off (1 dan 0). Istilah On dan Off ini menjadi sangat penting karena semua perangkat listrik yang memerlukan sumber energi listrik pasti membutuhkan kondisi On dan Off. Karena sistem kerjanya yang unlock dan langsung berhubungan dengan operator, push button switch menjadi device paling utama yang biasa digunakan untuk memulai dan mengakhiri kerja mesin di industri. Secanggih apapun sebuah mesin bisa dipastikan sistem kerjanya tidak terlepas dari keberadaan sebuah saklar seperti push button switch atau perangkat lain yang sejenis yang bekerja mengatur pengkondisian On dan Off.

2.7.3 Terminal Blok

Alat ini berfungsi sebagai konektor terminal block kabel listrik Anda. Jadi sebagai penghubung atau penyambung bila Anda ingin memanjangkan kabel listrik di rumah. Koneksi antar sambungan kabel pun jadi lebih aman, bila suatu saat terjadi masalah seperti korsleting arus pendek.



Gambar 2. 14 Terminal Block

Alat ini berfungsi sebagai terminal block. Ini merupakan istilah yang merujuk pada suatu tempat berhentinya arus listrik sementara pada ujung kabel, sebelum nantinya disambungkan ke komponen outgoing kabel. Fungsi utama terminal block sendiri ada dua yakni sebagai penghubung sekaligus isolasi arus listrik.

2.7.4 Tabung Filter Udara

Sesuai dengan namanya tabung ini berfungsi untuk mengendapkan uap air yang ikut terbawa oleh udara yang dihasilkan oleh pompa. Dengan begitu endapan air akan tertinggal pada tabung sementara udara yang akan menuju tabung reaktor sudah terminimalisir dari air sehingga reaktor dapat lebih awet dan aman.



Gambar 2. 15 Tabung Filter Udara

Tabung filter yang berbahan polycarbonat tersebut sangat aman dan sudah banyak digunakan di dunia medis, sehingga udara yang melintasi tabung tersebut tidak akan terkontaminasi senyawa yang berbahaya bagi kesehatan manusia.

2.7.5 Pompa Udara

Pompa Udara berfungsi untuk memproduksi udara sebagai sirkulasi baik dalam tabung, pipa maupun kedalam air.



Gambar 2. 16 Pompa Udara ACO-001

Pompa Udara / Aerator digunakan untuk menambah kadar oksigen dalam air, juga dapat diaplikasikan pada bidang lain sesuai kebutuhan. Dalam perancangan alat tersebut, pompa udara berfungsi sebagai pendingin sekaligus sirkulasi mengalirkan kadar ozone kedalam air. Spesifikasi: - Model: SUNSUN ACO-001 - Voltase: AC 220V - Daya: 20 Watt - Output Maksimum: 20 L/min - Tekanan Maksimum: 0.016 MPa - Dimensi: 160 x 90 x 100 mm - Berat: 1 kg Fitur: - Mudah dioperasikan, tidak memerlukan oli pelumas. - Silinder dan piston yang kuat dan tahan lama menghasilkan tekanan yang tinggi dan hemat energi. - Struktur penutup bersirip untuk pelepasan panas yang lebih baik. - Alas bawah terbuat dari karet untuk menahan getaran, dapat dikunci dengan sekrup. Catatan: - Aerator diletakkan

di tempat yang kering dan memiliki sirkulasi udara yang baik. - Aerator diletakkan di posisi yang lebih tinggi dari permukaan air. Isi Paket: - 1 x Pompa - 1 x Pembagi Udara

2.7.6 Timer

Timer digunakan untuk mengukur interval waktu tertentu. Tetapi dalam istilah teknik listrik timer juga sering disebut sebagai penghitung. Timer adalah komponen yang banyak digunakan dalam berbagai sistem kontrol. Pengatur waktu digunakan untuk menyimpan catatan waktu untuk berbagai peristiwa yang terjadi dalam sistem tertanam. Timer adalah penghitung biner yang lebih sederhana yang dikonfigurasi dalam sirkuit atau sistem sesuai kebutuhan untuk menghitung pulsa dalam sistem. Nilai timer diatur secara otomatis ke nol setelah nilai maksimumnya.



Gambar 2. 17 Timer Digital

Setelah nilai maksimum untuk penghitung waktu tercapai, interupsi dihasilkan dengan flag overflow. Timer dapat digunakan untuk mengukur waktu yang berlalu atau peristiwa eksternal yang terjadi untuk interval waktu tertentu. Pengatur waktu digunakan untuk menjaga pengoperasian sistem tertanam dalam sinkronisasi dengan jam. Jam dapat berupa jam eksternal atau jam sistem. Pengatur

waktu digunakan untuk berbagai aplikasi di sirkuit atau sistem tertanam seperti menghasilkan baud rate, mengukur penundaan waktu menghasilkan dan banyak lagi.

Metodologi pengulangan loop sangat sulit dan mereka dapat mengulangi loop dalam sistem untuk rentang siklus tertentu. Untuk iterasi loop dengan sempurna dan sistematis timer / counter digunakan. Penghitung waktu sangat mudah untuk diprogram alih-alih praktik pemrograman yang berbeda untuk iterasi loop. Timer menghitung siklus jam periferan atau dapat menghitung siklus jam dari jam yang disediakan secara eksternal. Pulsa clock juga dapat dihasilkan dengan bantuan timer yang juga disebut Baud Rate dari komunikasi serial.

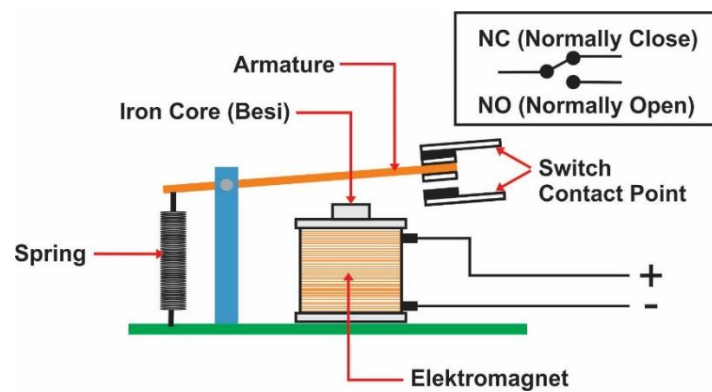
2.7.7 Relay

Relay adalah saklar atau switch yang dioperasikan dengan menggunakan listrik. Dimana memiliki dua komponen electromechanical dengan 2 bagian utamanya yaitu elektromagnet (coil) dan juga mekanikal (rangkaian skalar). Nantinya komponen ini akan menggunakan prinsip elektromagnetik yang ada di dalam kontak saklar untuk bisa menghantarkan listrik dengan tegangan yang lebih tinggi.



Gambar 2. 18 Bentuk fisik relay

Relay sebagai komponen terbagi menjadi 4, yaitu elektromagnet atau coil, armature, switch contact point (saklar), dan juga spring. Namun perlu diketahui jika contact point relay terdiri dari 2 bagian, yaitu Normally Close (NC). Ini merupakan kondisi awal ketika diaktifkan akan selalu berada di posisi Close. Bagian yang kedua adalah Normally Open (NO), dimana merupakan kondisi yang permulaan. Sebelum diaktifkan, maka akan berada di posisi Open.



Gambar 2. 19 Rangkaian dalam Relay

2.7.8 Check Vulve

Check Valve adalah jenis katup yang berfungsi untuk mengatur fluida (cair atau gas) mengalir hanya ke satu arah, mencegah aliran balik (back flow) dan berguna sebagai pengaman dalam sistem perpipaan. Check vulve terdiri dari beragam jenis sesuai dengan kebutuhan, diantaranya check vulve berbahan plastic seperti gambar dibawah, berbahan besi, stainless, kuningan dan yang lainnya. Pemilihan check vulve dilakukan dengan menyesuaikan kondisi lapangan, seperti pada kasus berikut bahwa check vulve yang digunakan adalah berbahan plastic untuk menghindari korosip akibat senyawa O_3 . Namun bukan hanya bahan plastic

saja yang tahan terhadap korosip melainkan yang lain seperti stainless dan aluminium dimana keduanya juga kebal terhadap pengaruh korosip. Namun harga yang lebih mahal menjadikan keduanya lebih sedikit digunakan dilapangan. Kemudian selain jenis bahan, ukuran check vulve juga sangat bervariasi sesuai dengan kebutuhan, berikut salah satu check vulve berbahan plastik dengan ukuran 8mm.



Gambar 2. 20 Bentuk fisik check vulve

2.7.9 Temperature Sensor



Gambar 2. 21 Temperature sensor

Temperature Sensor dengan tipe xh-w3001 merupakan sensor yang memiliki fungsi sebagai pendeteksi kondisi suhu pada satu tempat dan dengan suhu yang dideteksi bias mengontrol alat-alat lai seperti ac,kipas,heater dan lainnya. Namun

pada alat yang sedang dirancang berikut, temperature sensor ini hanya difungsikan sebagai pendeteksi suhu didalam reactor ozone generator.

2.7.10 Nepel Pneumatik

Nepel penumatik tidak jauh beda dengan nepel selang pada umumnya, yang membedakan adalah nepel selang biasa bisa disambungkan selang yang ukurannya lebih kecil dan lebih besar sedikit dari ukuran nepel. Jika selang lebih kecil, maka pada ujung selang bisa dipanaskan kemudian disarungkan kenepel, kemudian apabila selang lebih besar, maka bisa diikat menggunakan klem cincin kemudian dikunci kuat. Sedangkan nepel pneumatik hanya akan bisa disambungkan dengan selang yang sesuai dengan ukurannya. Berikut adalah tampilan dari nepel pneumatik.



Gambar 2. 22 Bentuk fisik nepel pneumatik

2.7.11 Nepel selang biasa

Berbeda dengan nepel pneumatik, nepel selang lebih sering digunakan karena selang dengan ukuran yang sedikit lebih besar dan kecil bisa dipaksakan kenepel tersebut. Selain itu nepel ini sering digunakan untuk air dan angina bertekanan rendah. Berikut tampilan nepel selang biasa dengan bahan dasar kuningan.



Gambar 2. 23 Bentuk fisik nepel selang biasa

2.7.12 Selang silikon

Selang silikon memiliki tekstur yang lentur menjadikan selang ini tidak mudah patah meskipun ditekuk dan dilipat. Selang yang berbahan silikon tersebut menjadi pilihan saat akan digunakan sebagai penyalur media khusus, seperti air panas dan juga O_3 yang kerap dapat menyebabkan korosif.

Berikut beberapa keunggulan selang silikon:

1. Tidak beracun, tidak berbau, tidak memiliki rasa, dan tidak mengandung bahan korosif.
2. Selang silikon sifatnya tahan lama / awet hingga 5 kali lebih tahan dari bahan lain.
3. Silikon tidak akan mengalami retak ataupun kerusakan saat terkena sinar UV.
4. Ketahanan sobek silikon tinggi, lebih kuat dari bahan karet lain ataupun dari plastik.
5. Selang silikon dapat disterilkan dengan air mendidih.

Selang silikon terdiri dari berbagai macam warna dan ukuran, berikut adalah tampilan selang silikon dengan warna putih dan bening.



a. Silikon putih



b. Silikon bening

Gambar 2. 24 bentuk fisik selang silikon