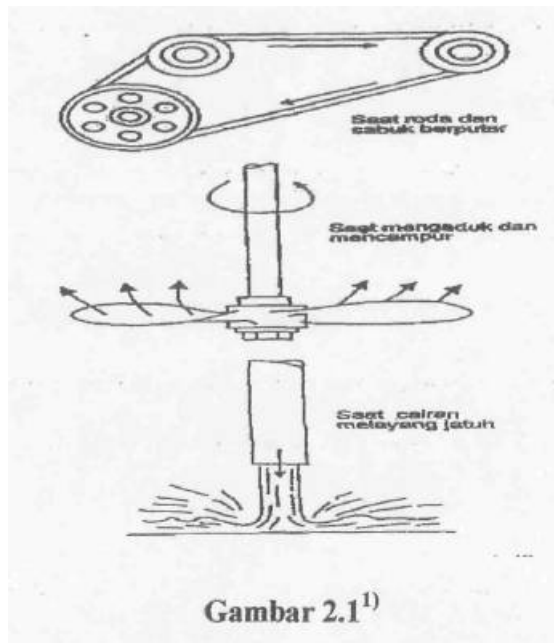


ILTEORIDASAR

1. DASAR PEMBANGKITAN LISTRIK STATIS

Listrik statis dapat terjadi berdasarkan sifat tarik menarik atau tolak menolak karena adanya pemisahan muatan listrik statis positif dan negatif. Muatan-muatan tersebut selalu ada dan berpasangan pada setiap material. Setelah pemisahan terjadi, maka masing-masing muatan itu tetap terisolasi sehingga elektron akan terjerbak dan terkumpul. Pengisolasian dapat terjadi karena muatan benar terpisah secara fisik. Pengumpulan muatan dapat terjadi karena adanya gesekan atau karena adanya hubungan antar elemen. Contoh pembangkitan muatan statis dapat dilihat pada gambar 2.1

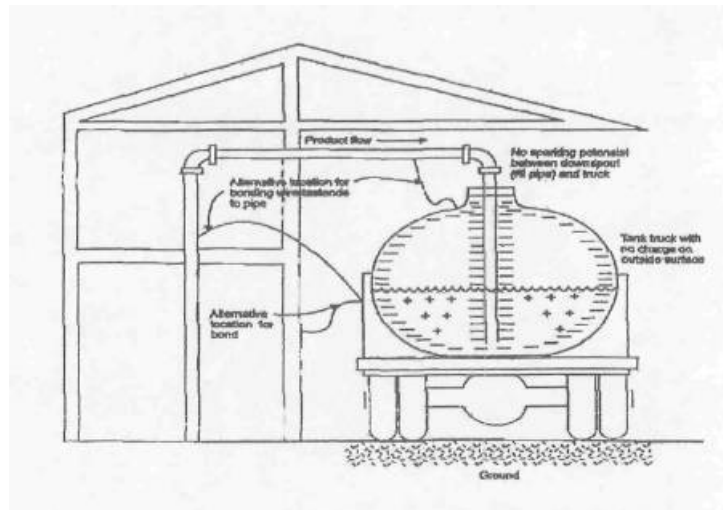


Pembangkitan muatan statik

¹-Iskanto, Edy. *Majalah Energi dan Listrik* 2000

Gambar di atas merupakan proses pembangkitan Van den graff karena adanya pengumpulan muatan sebagai akibat adanya gesekan atau kontak antara elemen.

Aliran listrik karena pemisahan muatan pada aliran fluida dikenal sebagai arus aliran (streaming current). Jika aliran yang bermuatan ini memasuki tangki metal maka elektron hasil pemisahan akan menginduksi pada dinding tangki, sehingga suatu muatan yang sama besar dalam fluida namun berlawanan tanda akan terinduksi di sisi dalam dari permukaan tangki dan muatan dengan tanda yang sama dengan aliran yang masuk akan tertinggal disisi luar dari permukaan tangki. Apabila tangki ditanahkan, muatan pada sisi luar tangki akan mengalir ke bumi, sedangkan muatan pada sisi dalam akan tertahan oleh adanya tarikan muatan dalam fluida dan pada dinding akan menjadi bersama kembali karena gerakan muatan lewat fluida seperti ditunjukkan pada. gambar 2.2



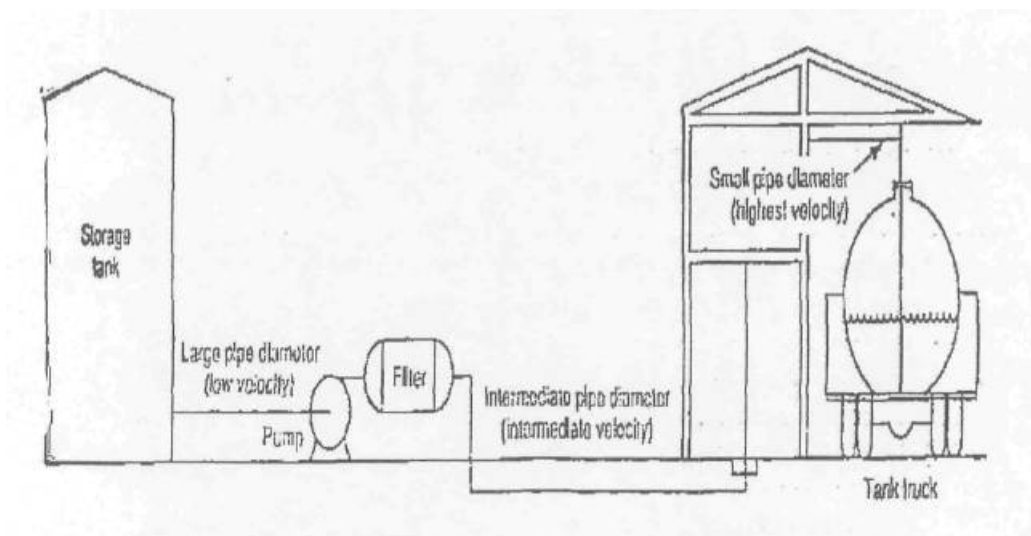
Gambar 2.2²⁾

Pemisahan muatan pada cairan

API. *Protection Against Ignitions Out of Arising, Lightning, and Stray Current*, fifth edition.

2. KECEPATAN PEMBANGKITAN

Kecepatan pembangkitan atau pemisahan muatan sangat dipengaruhi oleh kecepatan aliran, kandungan ion, turbulensi dan luas permukaan. Misalnya, kecepatan pembangkitan dalam pipa akan meningkat sebanding dengan panjangnya pipa. Gambar di bawah ini memperlihatkan kecepatan aliran produk yang lainbat dari tanM penampungan / penyimpanan dipercepat melalui suatu pompa ke SPBU(Stasiun Pengisian Bensin Umum) dengan perantara suatu filter. Aliran produk yang melalui melalui filter dapat menyebabkan filter sebagai sumber generator statik yang besar, filter tersebut juga berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran lain yang inungkin masih ada.



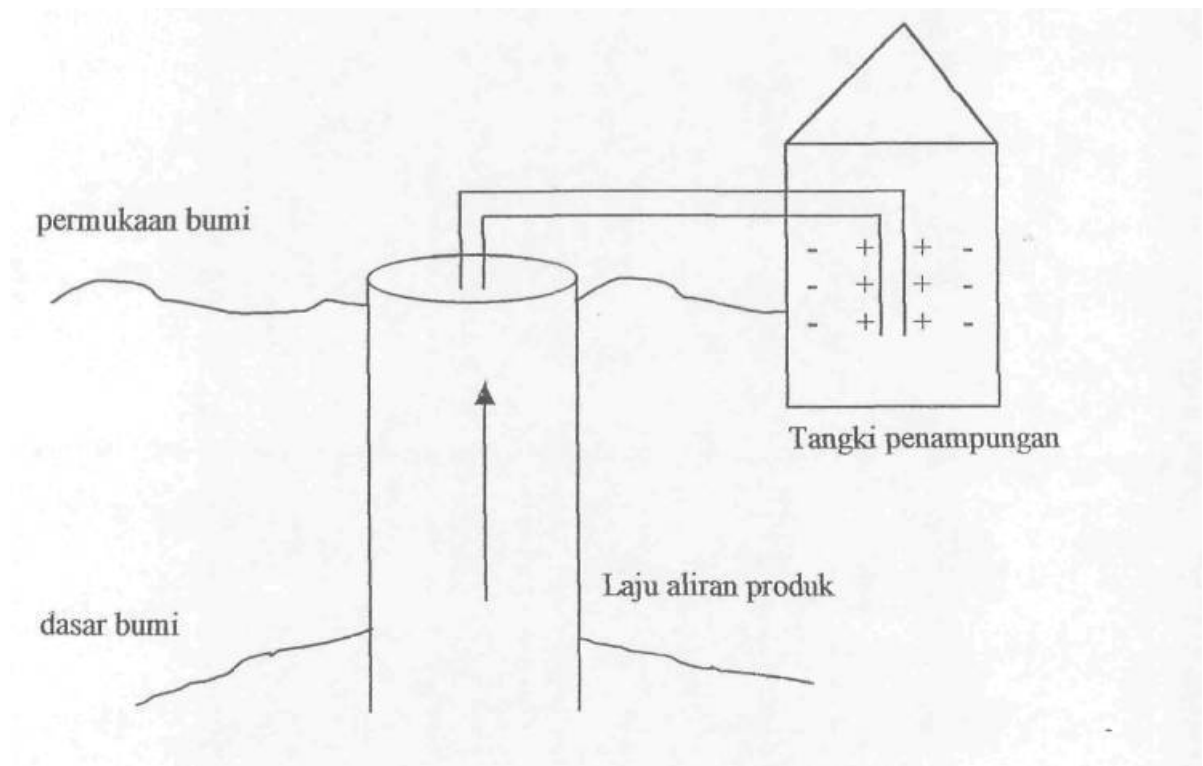
Gambar 2.3

Aliran proses pembangkitan muatan

¹ API. *Protection Against Ignitions Out of Arising, Lightning, and Stray Current*, fifth edition

3. PELEPASAN MUATAN STATIS

Pada kenyataannya muatan statis akan terus bocor disebabkan karena adanya tarikan dari muatan yang sama besar tapi memiliki tanda yang tidak sama. Hal seperti ini disebut Charge - relaxation (muatan beristirahat) dan karena hal inilah maka biasanya pelepasan muatan statis hanya terjadi selama proses pembangkitan berlangsung. Ada kalanya muatan yang bangkit karena aliran atau gerakan produk pengilangan (misalnya minyak) dapat bertahan beberapa saat sesudah aliran berhenti karena kemampuan isolasi dari cairan tersebut.



Gambar 2.4⁴⁾

Aliran produk pengilangan

⁴⁾ APL *Protection Against Ignitions Out of Arising, Lightning, and Stray Current*, fifth edition

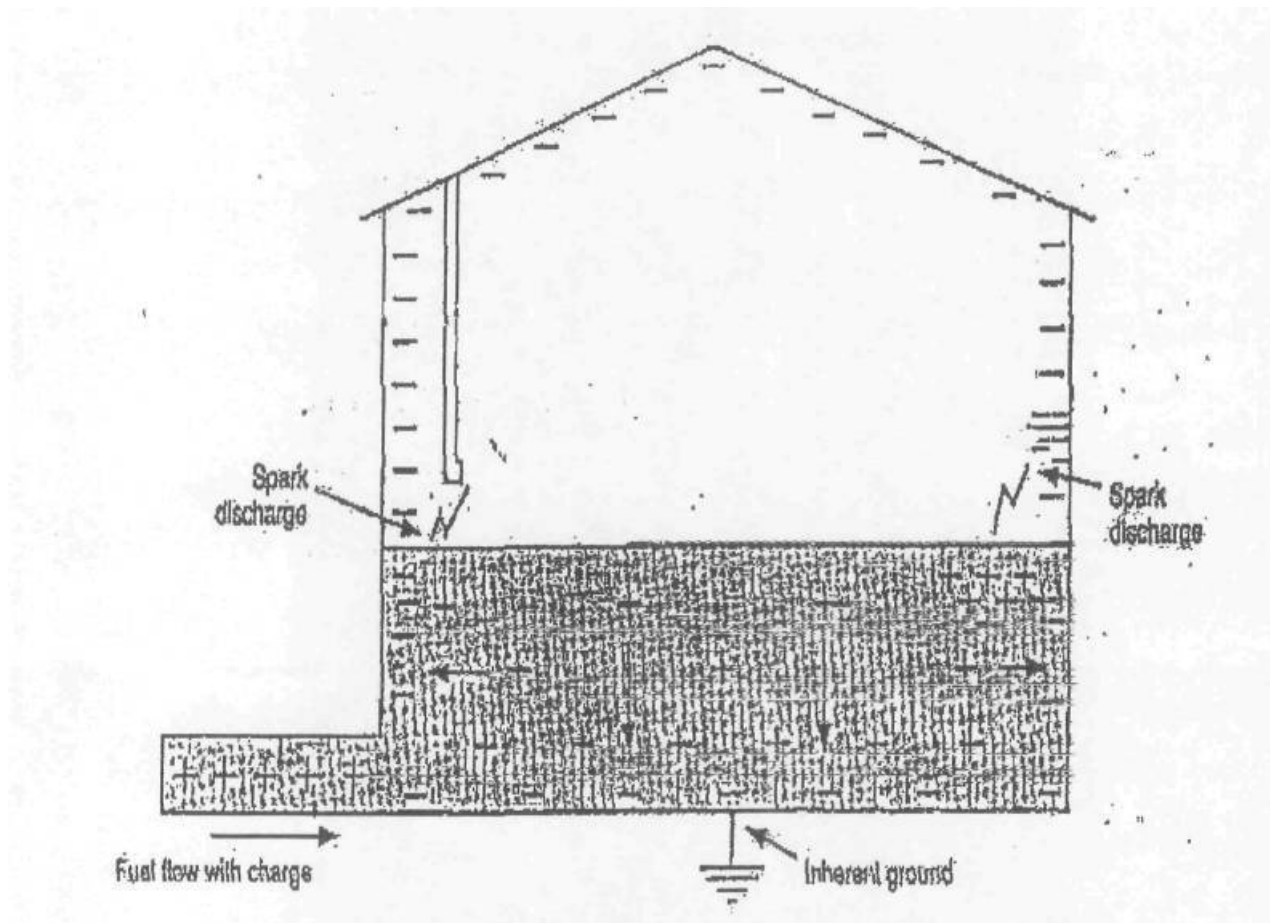
Pada gambar di atas ditunjukkan pengaruh gerakan produk pengilangan minyak sampai ke tanki dapat menyebabkan timbulnya muatan statis.

3.1 Percikan Api Listrik

Pendefinisian dari percikan (spark) adalah hasil dari kejadian gagalnya kekuatan isolasi dari elektrik (misalnya udara) secara mendadak, yang memisahkan 2 elektroda yang berbeda potensial (tegangan) nya. Hal ini mengakibatkan arus listrik mengalir antara 2 elektroda yang diikuti dengan cahaya terang sekejap yang menunjukkan adanya suhu yang tinggi.

Untuk mencegah kemungkinan terjadinya percikan api listrik di dalam tanki maka pengawasan yang baik atau kewaspadaan petugas dalam bekerja sangat diperlukan. Misalnya dengan memeriksa dan mengeluarkan benda-benda (kotoran) dari dalam tanki yang tidak diperhikan sebelum proses pemuatan (loading).

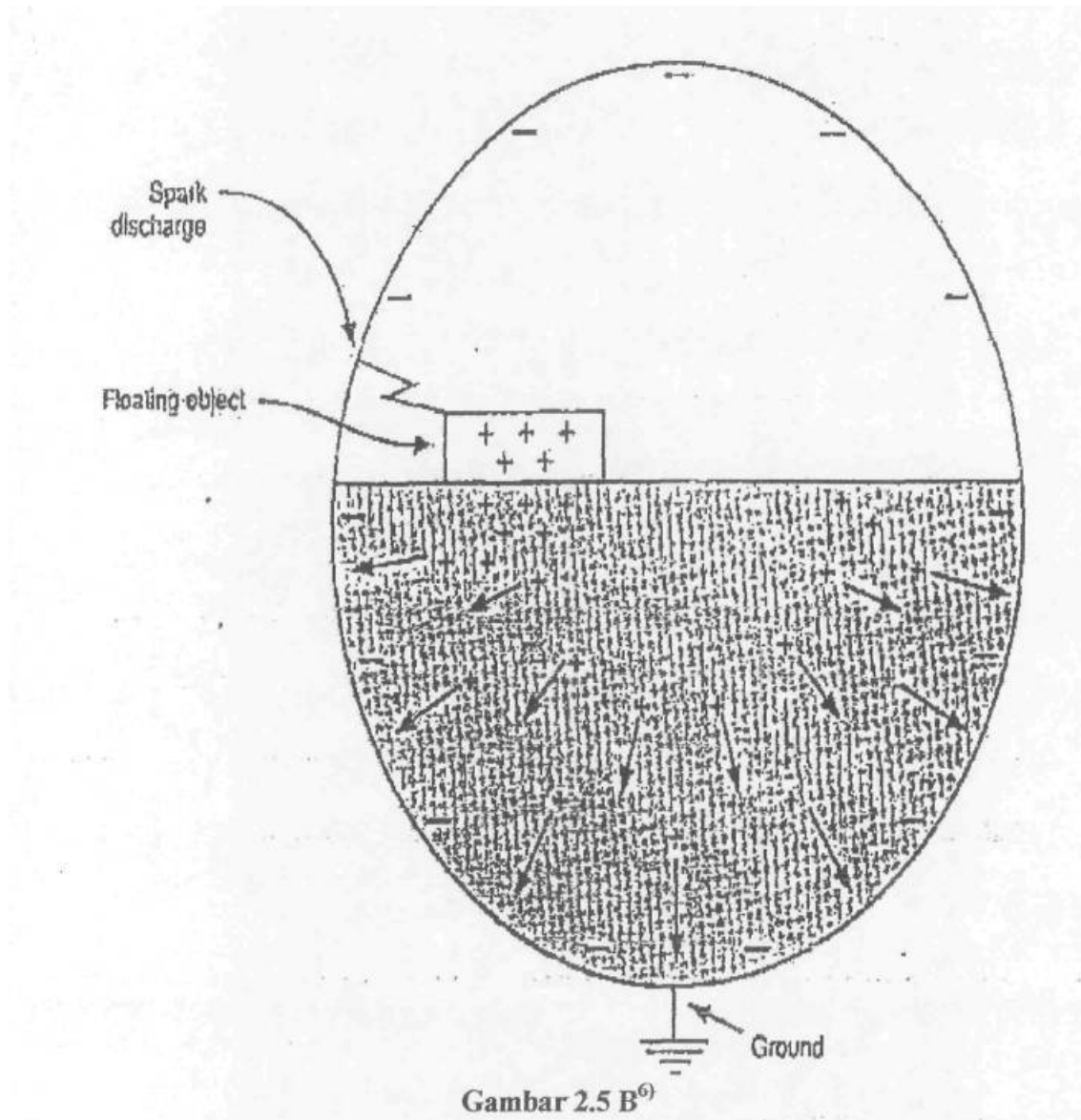
Pada gambar 2.5 A diperlihatkan aliran yang bennuan memasuki tanki mengakibatkan elektron akan menginduksi pada dinding tanki sehingga muatan yang sama besar namun berlawanan tanda akan terinduksi pada bagian dalam dari tanki, yang mengakibatkan dalam tanki akan timbul penyalan (percikan). Hal serupa juga terjadi pada gambar 2.5 B di mana objek (benda asing) bermuatan yang terapung akan mengalami gaya tarik oleh oleh muatan yang berlawanan tanda sehingga timbul penyalan, karena tanki digroundkan maka muatan di sisi luar akan mengalir ke bumi



Gambar 2.5 A⁵⁾

Fixed Spark (penyalaaan dengan jarak tetap)

⁵⁾ APL *Protection Against Ignitions Out of Arising, Lightning, and Stray Current*, fifth edition



Floating Spark (penyalaaan dengan objek bergerak)

3.2 Tegangau Percikan.

Agar muatan statis dapat memercik maka legangan pada sela percik (spark-gap) berada di atas oilai tegangan percik minimun udara yaitu

⁰APL *Protection Against Ignitions Out of Ahsing, Lightning, and Stray Currenffifth edition*

350 volt. Semakin lebar sela percik maka tegangan percikan yang dibutuhkan lebih besar. Sebagai contoh, sela percik dapat terbentuk antara tangki kendaraan dan kepala keran pengisi bahan bakar di stasmi pengisi bahan bakar, bila keduanya tidak di sambung secara bersama oleh suatu kontak metal. Dalam kasus ini beda tegangan dapat terjadi akibat adanya muatan statis yang bangkit selama terjadinya aliran bahan bakar dari satu tempat ke tempat yang lain.

Beda potensial yang terjadi sesuai dengan jumlah muatan yang terbangkit dan kapasitansi antar muatan dengan sekitarnya. Hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut:

$$V = Q/C$$

dimana:

V = Beda potensial dalam Volt,

Q = Muatan yang terkumpul dalam Coulomb,

C = Kapasitansi antara 2 sela dalam Farad.

Karena kapasitansi dari benda disekelilingnya tergantung dari ukuran dan posisinya maka untuk jumlah muatan yang sama tidak selalu menghasilkan tegangan yang sama dan karena itu, percikan kadang dapat terjadi dan kadang tidak. Selama proses pembangkitan muatan berlangsung, tegangan dari benda yang terisolasi akan naik terus. Karena tidak ada isolasi yang sempurna, ketika tegangannya meningkat, maka arus bocor juga ikut meningkat. Pada suatu tegangan tertentu, besarnya arus bocor ini sama besarnya dengan jumlah arus yang dibangkitkan, sehingga tegangan tetap.

Bila tegangan tersebut di atas tegangan percik maka percikan akan terjadi sebelum legangan menjadi stabil. Karena hal inilah, kadang-kadang terjadi percikan api yang berulang-ulang sebagai akibat pembangkitan yang terus menerus, menyebabkan penumpukan muatan dan jika tegangannya cukup akan terjadi percikan kemudian setelah kosong akan diisi kembali dengan demikian proses akan berulang.

3.2.1 Perhitungan tegangan pada keadaan standart. Tabel-tabel normalisasi atau standarisasi menyatakan bahwa untuk suatu macam alat berlaku suatu tegangan lompatan api tertentu pada keadaan standart. Misalnya, menurut Japanese Industrial Standart (JIS) C3801 dan Japanese Electrotechnical Committee (JEC) Standart 106 keadaan standart adalah:

tekanan barometer	760mmHg
suhu sekeliling	20 °C
kelembaban mutlak	11 gram/m ³

oleh karena tegangan lompatan api selalu dipengaruhi oleh keadaan udara, maka untuk dapat membandingkan hasil-hasil pengujian dengan table-tabel nonnalisasi yang ada, diperlukan rumus-rumus yang dapat merubah hasil tersebut menjadi hasil dalam keadaan standart. Hal ini untuk mengetahui apakah spesimen yang diuji memenuhi syarat atau tidak. Pada keadaan standart perhitungan tegangan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_S = V_B / \delta$$

Dimana:

V_S = tegangan pada keadaan standart

V_B = tegangan lompatan yang diukur pada keadaan sebenarnya

δ =kepadatan udara relatip (relative air density)

$$=(b_B/760). ([273+20]/[273+t_B])$$

sedangkan b_B =tekanan udara pada kondisi percobaan (mm Hg)

t_B =suhu pada kondisi percobaan

3.3 Energi Penyalaan

Campuran uap bahan bakar dan udara menjadi mudah terbakar sangat tergantung pada hasil tekanan uap serta suhu yang digutiakan, untuk itu diperlukan pengklasifikasian energi penyalaan untuk memudahkan suatu bahan tergolong pada bagian mana. Klasikasi ini adalah energi penyalaan pada uap tekanan rendah (cairan combustible), energi penyalaan pada uap tekanan lanjutan (cairan flammable) dan energi penyalaan pada uap tekanan tinggi.

3.3.1 Energi penyalaan pada uap tekanan rendah. Cairan combustible merupakan cairan yang memiliki titik nyala $> 100\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($37,8\text{ }^{\circ}\text{C}$) Contohnya hasil4iasil tersebut termasuk minyak goreng, kerosin, dan bahan bakar mesin turbin penerbangan yang dijual (Jet A). Apabila bahan tersebut digunakan pada suhu yang baik di bawah titik cahayanya, maka bahan tersebut tidak menimbulkan uap/gas yang mudah terbakar di bawah kondisi

nonnai yang digunakan. Bagaimanapun, kondisi pembakaran memungkinkan terjadi apabila bahan yang digunakan pada suhu di atas titik cahaya mengakibatkan bahan tersebut tercemar dengan tingkat lanjutan atau apabila hasil tekanan uap yang tinggi tidak dipindahkan ke dalam kontainer yang memiliki konsentrasi sedikit, dan apabila bahan tersebut berada pada konsentrasi yang tinggi memungkinkan campuran tersebut mudah terbakar dari penggunaan sebelumnya, hal ini terjadi selama pengalihan muatan.

Pada tekanan uap rendah khususnya penggunaan bahan-bahan hidrogen yang mudah terbakar dapat mengakibatkan campuran tersebut mudah terbakar dalam tangki penyimpanan uap jika hidrogen dilarutkan atau cahaya hidrokarbon lainnya dalam proses yang digunakan dalam tangki. Campuran ini tidak selamanya dinyatakan melalui tes titik cahaya, tetapi dapat dideteksi dengan menggunakan detektor pembakaran.

3.3.2 Energi penyalan pada uap tekanan lanjutan. Hasil-hasil

dari kategori ini termasuk cairan yang mudah terbakar dengan suatu tekanan uap dibawah 4.5 Pound persegi inci secara mutlak (31 kiloPaskal) dan Cairan Flammable adalah cairan yang memiliki titik nyala $<100^{\circ}\text{F}$ ($37,8^{\circ}\text{C}$). Contohnya adalah bahan bakar pesawat komersil/penumpang (Jet B), bahan bakar turbin penerbangan militer JP-4 (TF-4), dan bensin. Saat ini hasil dari tekanan uap tinggi maupun tekanan yang rendah digunakan pada suhu diluar produk normal. Jarak suhu sekitar $35 - 100^{\circ}\text{F}$ ($20^{\circ}\text{C} - 38^{\circ}\text{C}$). Suatu campuran yang mudah terbakar dapat dibuat dalam tempat uap, dalam

keadaan seperti itu hasil-hasilnya akan digunakan sebagai hasil dari tekanan uap tingkat lanjutan.

Beberapa hasil pada kategori ini adalah hasil yang berada pada kondisi normal atau pada kondisi suhu yang tinggi.

3.3.3. Energi penyalan pada uap tekanan tinggi. Hasil-hasil

yang termasuk dalam kategori ini adalah secara rautlak berada pada tekanan uap diatas 4.5 Pound Persegi Inc (31 KiloPaskal), seperti bahan bakar penerbangan. Keadaan dibawah kondisi seimbang pada suhu normal yang digunakan, hasil-hasil pada kategori ini kurang dapat menghasilkan suatu campuran yang mudah terbakar dalam suatu ruangan uap yang dibatasi, oleh karena itu percikan statis dalam keadaan seperti ini tidak akan menghasilkan pembakaran.

Timbuhiya percikan api sebagai akibat adanya pelepasan muatan statis tidak selalu berarti akan terjadi penyalan api. Energi yang tersimpan dan dilepaskan mempunyai hubungan sebagai berikut:

$$E = \frac{1}{2} C V^2$$

disini:

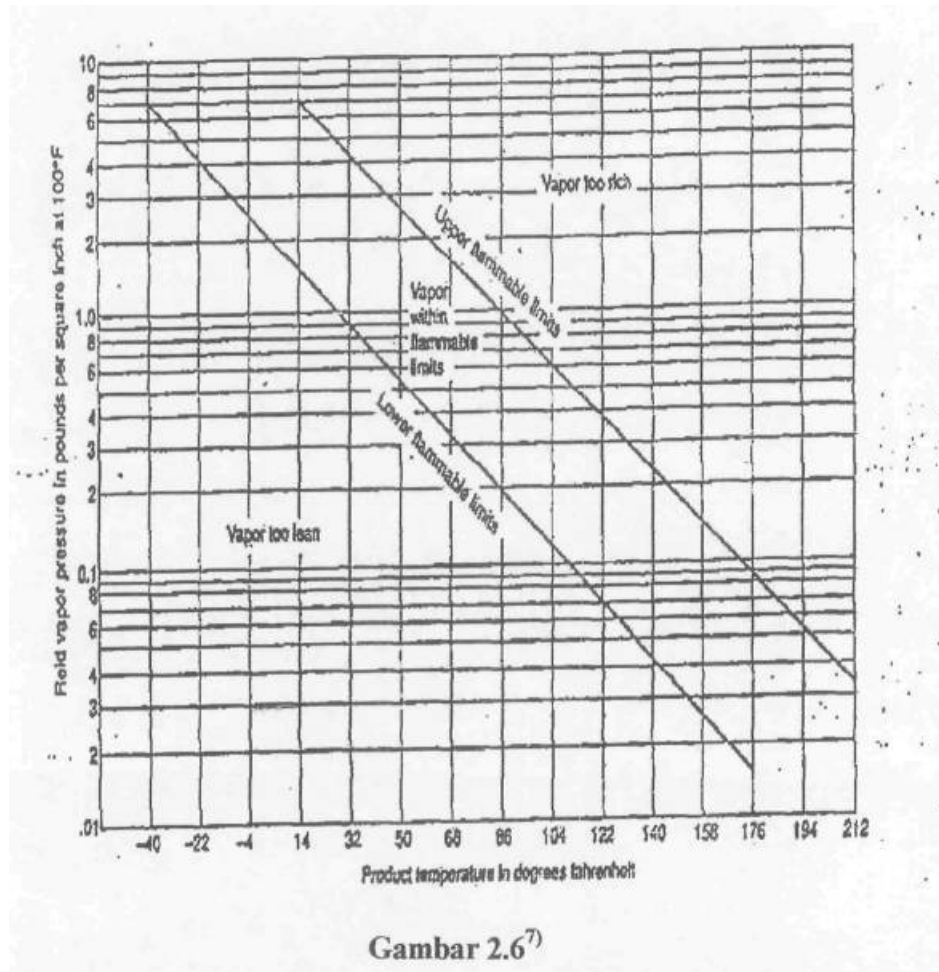
E = Energi penyalan dalam Joule

C = Kapasitansi dalam Farad

V = Tegangan dalam Volt

Eksperimen menunjukkan bahwa campuran yang tepat antara uap bahan bakar dan udara (disebut stoichiometric-mixture), dapat dinyalakan oleh api listrik dengan energi sebesar 0,25 mili Joule.

Energi yang dibutuhkan untuk penyalan akan lebih besar bila campuran menjadi lebih gemuk atau lebih kurus seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.6



Hubungan antara suhu, tekanan uap (campuran gas-udara) dan batas daerah flammable (mudah menyala) dari cairan bahan bakar

⁷⁾ NFPA 77. Hal 12

contoh:

- balian bakar pada suhu 68°F dengan tekanan uap(campuran) 0,2 pound per square inch tak dapat menjadi sumber penyalaan karena tergolong dalam campuran kurus.
- bahan bakar pada suhu 68°F dengan tekanan uap(campuran) 2 pound per square inch tak dapat menjadi sumber penyalaan karena tergolong dalam campuran gemuk
- bahan bakar pada suhu 68°F dengan tekanan uap(campuran) 0,6 pound per square inch dapat menjadi sumber penyalaan karena tergolong dalam daerah flammable.

Energi yang diperlukan untuk menyalakan campuran juga akan mengalami peningkatan karena faktor lain yang cenderung menurunkan kemampuan penyimpanan energi. Faktor-faktor tersebut adalah :

1. Sebagian energi akan tersebar karena adanya sifat resistif lingkungan sekitarnya dan bukan pada sela percik.
2. Elektroda dimana percikan terjadi terbuat dari material dan bentuk yang sedemikian rupa sehingga energi yang dilepaskan hanya dapat memanaskan elektroda saja dan bukan gas yang berada diantaranya. Keadaan ini bisa disebut " quenching effect " (efek memadamkan) dari elektroda yang diperlukan untuk menghindari terjadinya percikan.
3. Sela percik sangat lebar sehingga energi yang didistribusikan tidak cukup untuk memanaskan campuran menuju ke penyalaan.

Suhu dan tekanan juga dapat mempengaruhi besarnya energi penyalan. Pada kondisi normal, energi sebenarnya yang dibutuhkan untuk menyalakan campuran gas-udara? adalah lebih tinggi dibandingkan dengan pada saat percobaan berlangsung. Sering terjadi dalam beberapa kondisi, percikan api listrik sudah ada namun penyalan tetap tidak terjadi. Percikan dengan energi yang cukup untuk menyalakan campuran gas yang mudah menyala (flammable) disebut sebagai percikan incendive (berpotensi untuk meledak). Sebaliknya percikan yang energinya tidak cukup membuat campuran gas-udara meledak disebut percikan non-incendive.

3.4 Penyalan oleh Api Listrik Statis

Untuk pencegahan pengapian, satu atau lebih dari unsur-unsur diperlukan untuk pembakaran gas (dalam bentuk asap / kabut), udara, dan sumber pembakaran lainnya. Pengontrolan terhadap proses yang terjadi dapat mencegah terjadinya percikan atau gas yang mudah terbakar apabila bercampur dengan udara.

Muatan dapat menjadi sumber penyalan apabila memenuhi hal berikut:

1. Adanya pesawat atau sistem pembangkit muatan elektrostatis
2. Adanya pesawat atau sistem pengumpul muatan elektrostatis hingga menghasilkan energi percikan incendive
3. Adanya pesawat atau sistem pelepas muatan (sejenis dengan sela percikan) sehingga menjadi percikan incendive

4. Adanya campuran gas-udara yang tepat dan berada di dalam sela percik tersebut.

Gas pembakaran dari percikan statis dapat dibilangkan dengan mengontrol muatan statis atau dengan menghilangkan campuran yang mudah terbakar pada titik dimana muatan statis mungkin dihentikan seperti percikan. Resiko pembakaran dapat dikurangi jika menghindari bidang listrik yang memiliki nilai potensial yang tinggi terhadap percikan .