

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

##### 2.1.1 *Solar Simulator*

*Solar simulator* dengan menggunakan lampu *metal halide*, ternyata memiliki kemiripan yang dekat dengan matahari. Selain itu, operasinya juga lebih mudah. Kemiringan  $50^{\circ}$ – $70^{\circ}$  mampu menghasilkan *heat flux* maksimal sampai  $927 \text{ kW/m}^2$  dimana total daya  $12 \text{ kW}$ . *Compound Parabolic Collector* sebagai penerima radiasi memberi keuntungan dimana efisiensi transmisi daya dapat meningkat bahkan mendekati 50% (Ekman dkk, 2015). Novickovas dkk (2014) menambahkan *concentrator* mampu mereduksi *heatloss* sehingga nilai efisiensi yang tinggi dapat diperoleh *solar simulator*.

Jawad dkk (2013) pada penelitiannya fokus mengevaluasi kinerja *heat flux* berdasarkan distribusi *heat flux*, puncak *heat flux*, ketidak-stabilan sementara, dan efisiensi konversi. Hal ini diuji coba pada arus  $153 \text{ A}$  yang mampu menghasilkan puncak *heat flux* sebesar  $3,583 \text{ kW/m}^2$  secara keseluruhan. Lalu, nilai ketidak-stabilan sementara diperoleh kurang dari 3% dimana cahaya kumulatif sebesar  $1,642 \text{ kW}$ . Sedangkan efisiensi konversi diperoleh nilai 47%. Hasil *heat flux* rata-rata menjadikan observasi ini dikategorikan pada *solar simulator* kelas A, sedangkan ketidak-merataannya dikategorikan kelas B. Puncak *heat flux* dapat menyentuh angka berkisar  $2074$ – $3583 \text{ kW/m}^2$  dimana temperatur stabil pada  $1857 \text{ K}$ .

##### 2.1.2 *Lampu Tungsten Halogen*

Shatat dkk (2013) pada eksperimennya menggunakan *solar simulator* dengan 3 sub-sistem utama yaitu sumber lampu, rangka lampu dan *concentrator*. Lampu yang digunakan yaitu *tungsten halogen* Hasil yang diperoleh mencapai radiasi tertinggi yaitu  $60 \text{ kW/m}^2$  dengan rata-rata radiasi keseluruhan senilai  $45 \text{ kW/m}^2$ . Penelitian lain membuktikan bahwa *solar simulator* menggunakan

*tungsten halogen* dengan daya 500 W mampu meningkatkan efisiensi yang cukup signifikan yaitu sebesar 38% (Irwan dkk, 2015).

Disamping itu, lampu *tungsten halogen* yang diimprovisasi lensa Fresnel dengan jarak antara lampu dan lensa adalah 3 m mampu menghasilkan radiasi rata-rata sebesar  $1080 \text{ W/m}^2$  (Kenny dkk, 1994). Zahler (2005) menyatakan bahwa *tungsten halogen* selain harganya dinilai paling murah dibanding lampu *xenon* dan *metal halide*, juga lamanya waktu penggunaan tidak mempengaruhi intensitas radiasi yang dihasilkan. Lain lagi dengan lampu *xenon* yang semakin lama digunakan, performa intensitas radiasi yang dihasilkan akan semakin menurun.

Penelitian lain mengenai *solar simulator* dilakukan dengan beberapa variasi intensitas radiasi, yaitu 400, 600, 700, dan  $900 \text{ W/m}^2$  dengan lampu *tungsten halogen* berjumlah 17 buah, dimana jarak lampu dan PV yaitu 1,6 meter. Tegangan dan arus sebesar 240 V dan 11 A diuji coba untuk mendapatkan nilai *heatloss*, hasil iradiasi, dan persentase ketidakmerataan yang diterima PV. Kesimpulan yang diperoleh yaitu semakin tinggi intensitas radiasi maka nilai ketidakmerataan semakin tinggi dikarenakan *heatloss* yang berlebih (Samiudin dkk, 2013).

### 2.1.3 *Solar Simulator*-PATS

Menurut Shatat dkk (2013) bahwa *solar simulator* sangat memungkinkan untuk uji PATS. Eksperimen *solar simulator* ini memiliki jarak 23 cm dengan variasi *heat flux* yang diinginkan yaitu 200, 400, 600, 800, 1000, dan  $1200 \text{ W/m}^2$ . Kesimpulan yang diperoleh adalah titik tertinggi ketidakmerataan radiasi mencapai 20%, dimana semakin tinggi nilai *heat flux* maka semakin tinggi juga nilai ketidakmerataan. Selain itu, tepat pada *heat flux*  $1000 \text{ W/m}^2$  air mencapai titik didih sehingga temperatur di dalam tangki mulai konstan.

Penelitian lain tentang aplikasi *solar simulator* pada PATS juga pernah dilakukan. Penelitian Saffa dkk (2013) memakai lampu *tungsten halogen* sebagai sumber radiasi dengan daya 400 W. Variasi ketinggian yang digunakan adalah 15, 25, 35, 45 cm. Kesimpulan yang diperoleh yaitu semakin besar nilai ketinggian maka ketidakmerataan semakin tinggi, dan pada *heat flux*  $850 \text{ W/m}^2$  temperatur air stabil pada suhu  $70^\circ\text{C}$ .

Norhafana dkk (2015) menggunakan variasi kemiringan rangka lampu yaitu  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ . Variasi *heat flux* yang digunakan adalah 400, 550, dan  $700 \text{ W/m}^2$ . Hasil penelitian diperoleh bahwa semakin tinggi *heat flux* yang digunakan, semakin tinggi juga temperatur air di dalam pipa sirkulasi. Tinggi dan rendahnya *heat flux* dipengaruhi oleh kemiringan rangka lampu, dimana temperatur tertinggi diperoleh pada kemiringan  $45^\circ$  dan  $90^\circ$ .

Berdasarkan Tinjauan Pustaka di atas diketahui bahwa *solar simulator* dapat dijadikan sebagai sumber kalor yang konstan dalam rangka menghasilkan karakteristik termal yang ingin diketahui. *Solar simulator* yang pernah dibuat sebelumnya, belum menyediakan sistem pengatur ketinggian yang baik. Pengaturan ketinggian yang presisi sangat membantu dalam mendapatkan *heat flux* sesuai yang diinginkan. Oleh karena itu, penting dilakukan rancang bangun *solar simulator* untuk memfasilitasi penelitian PATS yang memakai intensitas radiasi yang konstan.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 *Solar Simulator*

Menurut teori Ekman dkk (2015) bahwa *solar simulator* dapat menjadi alternatif sebagai metode yang menghasilkan temperatur tinggi secara terkontrol. Hal ini serupa dengan pernyataan bahwa *solar simulator* secara prinsip mampu mensimulasi tinggi rendahnya *heat flux* dari sumber radiasi (Tawfik dkk, 2018). Sumber radiasi yang digunakan pada *solar simulator* bukan lagi dari matahari, melainkan alternatif lain seperti lampu. Berdasarkan *America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers* (2003) bahwa *solar simulator* harus memenuhi syarat adalah sumber energi harus memiliki spektrum yang sama dengan matahari dan dengan massa udara yang standar, spektrum cahaya tidak terpengaruh jika digunakan variasi tegangan pada kontrol intensitas radiasi, penyebaran spektrum pada kolektor harus merata dan penyinarannya harus merata pada bagian permukaan kolektor.

Sebagai alternatif sumber cahaya matahari, *solar simulator* pada umumnya memiliki komponen-komponen utama dan pendukung. Komponen utama *solar simulator* yaitu lampu dan *concentrator*, sedangkan komponen pendukung yaitu

rangka lampu, rangka *support*, busur untuk mengatur kemiringan, *gear* untuk mengatur ketinggian, dan *base*. Beberapa komponen utama seperti lam dan *concentrator* memiliki spesifikasi khusus untuk memenuhi syarat yang sudah tertulis dalam ASHRAE.

### 2.2.2 Sumber Cahaya

Perkembangan teknologi membawakan alternatif sumber energi matahari yaitu lampu. Berdasarkan *America Society of Heating, Refrigerating & Air Conditioning Engineers* (2003) bahwa *solar simulator* harus memenuhi syarat: sumber cahaya harus memiliki spektrum yang sama dengan matahari, spektrum cahaya tidak terpengaruh jika digunakan variasi tegangan pada pengatur tegangan, dan penyebaran spektrum dan penyinarannya harus merata pada bagian permukaan kolektor. Lampu-lampu yang sering diaplikasikan sebagai *solar simulator* beberapa diantaranya yaitu *tungsten halogen*, *xenon*, dan *metal halide*.

#### ➤ *Tungsten Halogen*

Lampu *tungsten halogen* menjadi salah satu rekomendasi yang dapat digunakan sebagai sumber cahaya *solar simulator*. Hal ini disebabkan karena lampu ini memiliki warna temperatur yang ideal, dimana panjang gelombang yang dipancarkan sesuai dengan Panjang gelombang yang diterima oleh benda berwarna hitam. Hanya saja lampu ini memiliki keterbatasan kinerja dibawah warna temperatur maksimum 3500 K. Artinya lampu ini tidak akan mampu menyentuh titik dimana warna temperatur matahari ketika pukul 12 siang, yaitu sebesar 5900 K (Matson dkk, 1984). Menurut Bickler (1962) *tungsten halogen* menghasilkan panjang gelombang dibawah 3400 K dimana lampu ini hanya memancarkan radiasi yang lebih rendah daripada sinar UV tetapi lebih tinggi daripada sinar *infrared*. Namun yang menjadi keunggulan lampu ini yaitu harganya yang terbilang murah dan perawatannya mudah, sehingga banyak digunakan sebagai sumber cahaya untuk kepentingan uji *solar simulator* (Beeson, 1978). Contoh lampu *tungsten halogen* ditampilkan oleh Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Lampu *tungsten halogen* (Saunders dkk, 1978)

➤ *Xenon*

Lampu *xenon* merupakan lampu yang paling banyak digunakan karena lampu ini memiliki standar yang tinggi sebagai pengganti matahari dalam *solar simulator*. Lampu ini mampu menghasilkan spektrum yang stabil yaitu 5400 K, sehingga mampu menurunkan kebutuhan suplai tegangan (Bickler, 1962). Selain itu, menurut Codd dkk (2010) *xenon* merupakan lampu yang mampu menghasilkan tekanan tinggi yaitu berkisar 10 sampai 40 bar, sehingga titik sumber cahaya yang dihasilkan lebih terang. Namun dibalik baiknya performa lampu *xenon*, ada beberapa kekurangan, yaitu harganya yang terlampau tinggi, operasionalnya yang rumit, butuhnya suplai daya yang tinggi, jika terjadi kegagalan dalam operasi akan terjadi resiko sangat tinggi. Tahap penelitian menggunakan lampu ini sudah pada tahap paling tinggi, sehingga opsi untuk menggunakannya merupakan opsi paling utama. Gambar 2.2 menampilkan contoh lampu *xenon*.



Gambar 2.2 Lampu *xenon* (Goncz dan Newell, 1966)

➤ *Metal Halide*

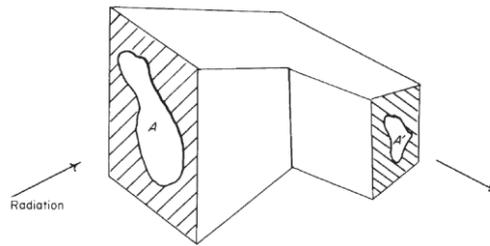
Beeson (1978) menyatakan bahwa *metal halide* ini mampu menjadi opsi selain *xenon*, karena lampu ini mampu menghasilkan spektrum 5500 K, juga keunggulan lainnya yaitu memiliki *life time* lebih dari 1000 jam dan harga yang ekonomis. Namun disisi lain, *metal halide* sangat membutuhkan adanya komponen tambahan berupa *concentrator* karena distribusi spektrumnya tidak tegak lurus terhadap objek kolektor (Krusi dan Schmid, 1983). Namun demikian, menurut Zahler dkk (2005) *metal halide* masih sangat layak jika disandingkan dengan *xenon*, karena distribusi spektrumnya yang tinggi sehingga mampu menghasilkan kualitas yang baik. Lampu *metal halide* ditunjukkan oleh Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Lampu *metal halide* (Corliss dkk, 1953)

### 2.2.3 *Concentrator*

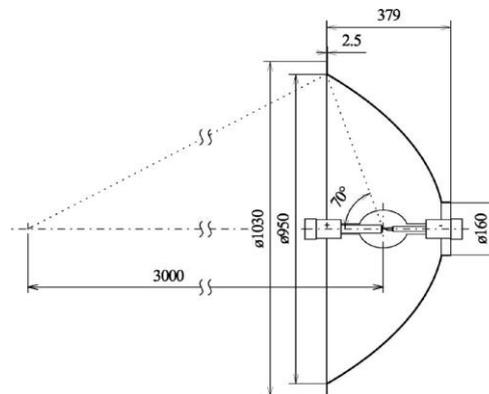
Sebagaimana mestinya lampu *solar simulator*, mesti terjadi distribusi cahaya yang terpancar ke luar area objek kolektor. Upaya dalam menanggulangi hal tersebut yaitu dengan digunakannya *concentrator*. *Concentrator* menjadi komponen utama dalam uji coba *solar simulator*, terlebih lagi jika sumber cahaya yang digunakan adalah *metal halide*. *Concentrator* sendiri memiliki beberapa fungsi, yaitu untuk mengurangi *loss distribution* cahaya yang terpancar, untuk meningkatkan densitas energi dari sumber cahaya agar *heat flux* yang diinginkan tercapai. *Concentrator* memiliki skema yang cukup sederhana tetapi memiliki fungsi vital pada uji *solar simulator* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4. *Concentrator* digunakan pada penelitian *solar simulator*, beberapa diantaranya yaitu *ellipsoidal reflector*, dan *hyperboloid concentrator*.



Gambar 2.4 Skema *concentrator* secara umum (Winston dkk, 2005)

➤ *Ellipsoidal Concentrator*

*Concentrator* jenis ini memiliki geometri dan skema yang sederhana dimana *loss distribution* cahaya yang dipancarkan akan dipantulkan ke objek sebagaimana mestinya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5 (Petrasch dkk, 2005). Kuhn dan Hunt (1991) menyatakan bahwa misi cahaya yang terjadi mampu diminimalisir tanpa adanya tambahan komponen optik sehingga *solar simulator* terkesan lebih *compact* dan efisien. Namun, menurut Krueger dkk (2011) bahwa penggunaan *concentrator* ini membutuhkan *heat flux* yang tinggi, dimana jumlah cahaya dan *heat flux* yang dipancarkan akan sesuai target dan terdistribusi dengan baik.

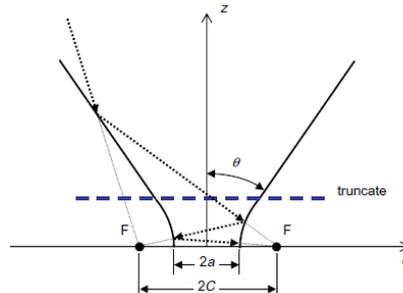


Gambar 2.5 Skema *ellipsoidal concentrator* (Davidson dkk, 2011)

➤ *Hyperboloid Concentrator*

Berdasarkan Winston (2005) *concentrator* jenis ini secara geometri memiliki karakteristik tersendiri, sebagaimana struktur dan skema ditunjukkan pada Gambar 2.6. Skema *concentrator* ini memantulkan cahaya yang masuk dari satu sisi ke sisi yang lain sehingga berakhir menyentuh objek. *Concentrator* ini tidak dapat dibandingkan dengan *concentrator* lainnya, sehingga

*concentrator* jenis ini tidak banyak digunakan pada penelitian *solar simulator*. Namun, keunggulan dari *concentrator* ini yaitu harganya yang ekonomis (Codd dkk, 2010).



Gambar 2.6 Skema *hyperboloid concentrator* (Codd dkk, 2010)

#### 2.2.4 Sistem Pengatur Ketinggian

Komponen pendukung guna memudahkan *solar simulator* dalam mengatur jarak antara lampu dengan objek kolektor yaitu menggunakan system pengatur ketinggian. Beberapa penelitian mengaplikasikan variasi ketinggian menjadi parameter utama untuk mendapatkan *heat flux* yang diinginkan. Jenis-jenis sistem pengatur ketinggian yang digunakan pada solar simulator ada berbagai macam, diantaranya *load lifting Winches* dan *differential gear*.

##### ➤ *Load Lifting Winches*

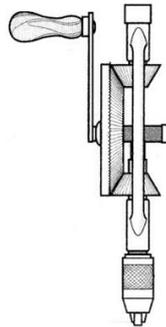
Contoh penelitian banyak menggunakan sistem pengatur ketinggian yaitu rangka dasar yang di-assembly dengan *load-lifting winches* atau sistem mengangkat beban dengan metode katrol. Komponen inti pada sistem ini adalah engkol, *pulley*, *bearings*, *van-belt* seperti dicontohkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Load lifting winches* (Codd dkk, 2010)

➤ *Differential Gear*

Alternatif lain untuk mengatur ketinggian yaitu sistem *differential gear*. Komponen inti pada sistem ini adalah engkol, *bearings*, *bevel gear*, besi silinder ulir luar, dan pasangan profil besi silinder ulir dalam. Secara mekanis, engkol memberi gaya pada *beveal gear* yang kemudian gaya diteruskan menuju besi silinder ulir luar sebagai komponen yang berotasi naik ke atas, dan pasangannya besi silinder ulir dalam sebagai komponen statis.



Gambar 2.8 *Differential gear* (Shan dkk, 2008)

2.2.5 *Pyranometer*

Duffie dkk (2013) menyatakan bahwa *pyranometer* adalah instrumen untuk mengukur total radiasi yang masuk. *Pyranometer* memiliki pendeteksi guna merespon gelombang radiasi yang masuk melalui spektrum energi matahari. Pendeteksi dalam *pyranometer* harusnya dilindungi oleh kaca pelindung untuk menghindari efek kecepatan angin. Selain itu, kaca pelindung harus memiliki ketebalan yang sesuai agar total radiasi yang terpancar dapat masuk secara keseluruhan. Jenis *pyranometer* banyak digunakan sebagai instrumen akumulasi data radiasi, yang pada saat itu umunya menggunakan dua *pyranometer* sebagai berikut:

➤ *Pyranometer Eppley Black-and-white*.

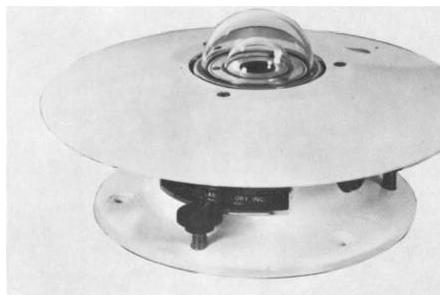
*Pyranometer eppley black-and-white* ini memanfaatkan *black* dan *barium-sulfate-coated* sebagai pendeteksi yang responsif. Secara optik, pendeteksi menyelimuti dasar kaca dan temperatur untuk memelihara jarak temperatur yang diinginkan, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Pyranometer eppley black-and-white* (Duffie dkk, 2013)

➤ *Pyranometer Eppley Precision Spectral Pyranometer*

Lain halnya dengan *eppley precision spectral pyranometer* (PSP). *Pyranometer* ini memanfaatkan 3 komponen utama, yaitu pendeteksi termofil, 2 penutup kaca berbentuk setengah bola di dasarnya seperti pada Gambar 2.10. Kompensasi temperatur yang mampu menghasilkan temperatur sesuai kebutuhan pada jarak  $-20^{\circ}\text{C}$  hingga  $40^{\circ}\text{C}$  (Stewart dkk, 1985).



Gambar 2.10 *Eppley precision spectral pyranometer* (Stewart dkk, 1985)

### 2.2.6 Kabel

Kabel pada dasarnya memiliki 2 bagian utama, yaitu isolator dan konduktor. Bagian isolator berfungsi sebagai penghantar listrik, sedangkan bagian isolator berfungsi sebagai bahan pelindung dari pengaruh lingkungan. Bagian konduktor suatu kabel pada umumnya terbuat dari bahan tembaga atau aluminium. Kemampuan daya hantar kabel listrik ditentukan oleh beberapa hal, yaitu oleh bahan konduktor, luas penampang atau diameter kabel.

Kabel secara umum memiliki kode tertentu untuk mendeskripsikan spesifikasinya. Persyaratan Umum Instalasi Listrik (2000), disana tertulis nomenklatur kode-kode kabel seperti ditampilkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nomenklatur kode-kode kabel (PUIL, 2000)

Huruf	Keterangan
N	Kabel standard dengan penghantar/inti tembaga.
NA	Kabel dengan aluminium sebagai penghantar.
Y	Isolasi PVC
G	Isolasi karet
A	Kawat berisolasi
Y	Selubung PVC ( <i>polyvinyl chloride</i> ) untuk kabel luar
M	Selubung PVC untuk kabel luar
R	Kawat baja bulat (perisai)
Gb	Kawat pipa baja (perisai)
B	Pipa baja
I	Untuk isolasi tetap diluar jangkauan tangan
re	Penghantar padat bulat
rm	Penghantar bulat berkawat banyak
Se	Penghantar bentuk pejal (padat)
Sm	Penghantar dipilin bentuk sektor
f	Penghantar halus dipintal bulat
ff	Penghantar sangat fleksibel
Z	Penghantar z
D	Penghantar 3 jalur yang di tengah sebagai pelindung

Selain memiliki identitas berupa nomenklatur kode-kode, PUIL (2000) juga mengatur terkait kebutuhan luas penampang inti kabel berdasarkan Kemampuan Hantar Arus (KHA), dimana persamaan umumnya adalah sebagai berikut:

Persamaan 1 fasa:

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos\phi} \quad (A)$$

Persamaan 3 fasa:

$$I_n = \frac{P}{V \times \sqrt{3} \times \cos\phi} \quad (A)$$

Menurut PUIL (2000) pasal 5.5.3.1 bahwa kuat arus listrik tidak boleh memiliki KHA kurang dari 125% dari arus beban penuh, sehingga dalam menentukan KHA menggunakan persamaan berikut:

$$\text{KHA} = 125\% \times I_n$$

Penentuan kebutuhan luas penampang kabel berdasarkan KHA seperti tersaji pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kebutuhan luas penampang kabel berdasarkan KHA (PUIL, 2000)

Luas penampang inti kabel (mm <sup>2</sup> )	Kemampuan Hantar Arus maksimum (A)	Kemampuan Hantar Arus aman (A)
1,5	19	20
2,5	25	25
4	34	35
6	44	50
10	61	63
16	82	80
25	108	100
35	134	125
50	167	160
70	207	224
95	249	250
120	291	300
150	334	355
185	380	355
240	450	425
300	520	500

Kabel pada dasarnya terdiri dari beberapa jenis, setiap jenis kabel memiliki spesifikasi dan kegunaannya masing-masing (Rida dkk, 2016). Jenis-jenis kabel diantaranya adalah:

➤ Kabel NYA

Kabel NYA adalah kabel listrik tunggal yang digunakan di bangunan-bangunan pada umumnya. Kabel ini memiliki kekurangan dimana lapisan isolatornya yang tipis, sehingga mudah rusak akibat cuaca. Kabel ini memiliki spesifikasi seperti berikut:

Tabel 2.3 Spesifikasi kabel NYA (Adrianus, 2008)

Kabel NYA	
Jumlah inti	1
Jenis inti	Tunggal
Diameter	1,5/2,5 mm
Bahan isolator	PVC
Tegangan	450/750 V



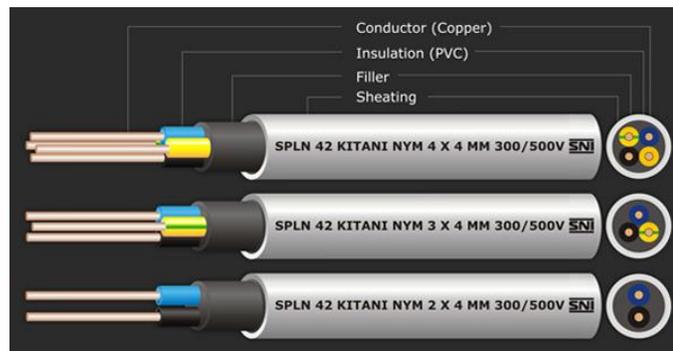
Gambar 2.11 Kabel NYA (Rida dkk, 2016)

➤ Kabel NYM

Kabel NYM adalah kabel yang memiliki lebih dari 1 inti, dimana tiap inti memiliki 1 isolator. Kabel ini biasa ditanam di dinding-dinding bangunan. Kabel ini memiliki keunggulan ketahanan isolator terluarnya, sedangkan kekurangannya adalah harganya yang dinilai mahal. Kabel ini memiliki spesifikasi seperti ditampilkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Spesifikasi kabel NYM (Adrianus, 2008)

Kabel NYM	
Jumlah inti	2 – 4
Jenis inti	Tunggal
Diameter	2/3/4 mm
Bahan isolator	PVC
Tegangan	300/500 V



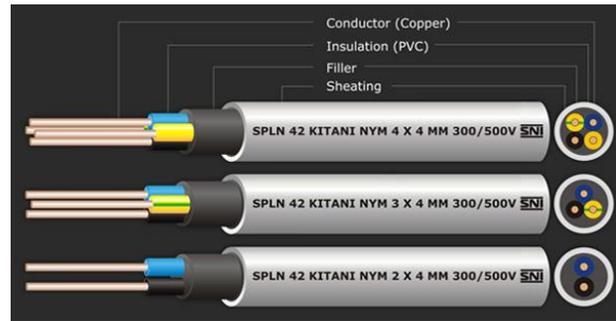
Gambar 2.12 Kabel NYM (Rida dkk, 2016)

#### ➤ Kabel NYY

Kabel ini memiliki banyak kemiripan dengan kabel NYM, hanya saja penggunaan kabel ini biasa digunakan untuk didalam tanah, karena ketahanan isolatornya yang tinggi. Juga, tegangannya relatif lebih tinggi seperti ditampilkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Spesifikasi kabel NYY (Adrianus, 2008)

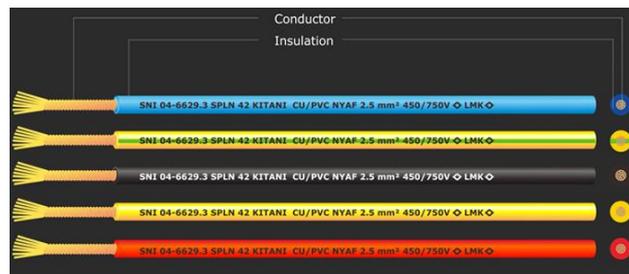
Kabel NYY	
Jumlah inti	2 – 4
Jenis inti	Tunggal
Diameter	2/3/4 mm
Bahan isolator	PVC
Tegangan	0,6/1 kV



Gambar 2.13 Kabel NYY (Rida dkk, 2016)

➤ Kabel NYAF

Kabel ini memiliki spesifikasi yang dekat dengan kabel NYA, yang membedakannya adalah kabel ini memiliki jenis inti serabut.



Gambar 2.14 Kabel NYAF (Rida dkk, 2016)

➤ Kabel NYMHYO

Kabel NYMHYO memiliki keunggulan dan kekurangan yang sama dengan kabel NYM, secara spesifikasi pun memiliki keterkaitan yang erat dengan kabel NYM. Hanya saja kabel ini memiliki jenis inti serabut.



Gambar 2.15 Kabel NYMHYO (Rida dkk, 2016)

### 2.2.6 *Circuit Breaker*

Sunarno (2006) mendefinisikan *Circuit Breaker* (CB) sebagai alat pengaman dan pemutus arus listrik secara otomatis. Apabila arus listrik melewati suatu rangkaian melebihi ambang batas, maka CB akan memutus aliran tersebut. CB terdiri dari 3 jenis yang biasa digunakan di Indonesia, yaitu *Miniature Circuit Breaker* (MCB), *Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB), dan *Air Circuit Breaker* (ACB).

Sunarno (2006) juga menyatakan bahwa menentukan jenis CB yang digunakan adalah berdasarkan kuat arus, dimana persamaan dalam meentukan kuat arus sama dengan persamaan pada kabel, hanya saja *factor safety* pada CB sebesar 120%. Mendukung hal tersebut maka ditampilkan Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kebutuhan CB berdasarkan kuat arus (Sunarno, 2006)

1 fasa	3 fasa	Nilai Kuat Arus (A)
		3200
		2500
	ACB	2000
		1600
		1250
		1000
		800
		630
		400
		320
		300
		250
	MCCB	200
		160
		125
		100
		80
		63
		50
		40
		32
		25
MCB		20
		16
	MCB	10
		6
		4
		2