

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Dasar Teori**

Sistem penyaluran batubara yang dilakukan oleh PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. menggunakan kapal tongkang yang berasal dari daerah pertambangan batubara kemudian dibongkar di *jetty* menggunakan *ecrane* lalu disalurkan menggunakan *belt conveyor* menuju *stacker* dan ditumpahkan ke lokasi penyimpanan material batubara akhir yaitu *stockpile* agar terjadi proses homogenisasi. Adapun proses homogenisasi ini bertujuan agar material batubara memiliki kesamaan kualitas. Proses homogenisasi menimbulkan gundukan karena arah material batubara yang ditumpahkan ke *stockpile* melalui *stacker* mengalir secara vertikal. Sehingga bentuk dari gundukan tersebut cenderung seperti jajaran bukit setinggi tujuh sampai delapan meter.

*Reclaimer* memiliki peran penting dalam proses pendistribusian batubara ke *coal mill* yaitu sebagai alat yang memindahkan batubara dari *stockpile* menuju *belt conveyor*. Bagian dari *reclaimer* yang digunakan untuk memindahkan batubara disebut *scraper*. Proses pemindahan seringkali terkendala oleh longsoran material yang disebabkan oleh perbedaan ketinggian antar gundukan. Hal tersebut mempengaruhi *runtime* dari *reclaimer* sehingga menjadikannya tidak efisien dalam proses produksi.

*Boom scraper* dilengkapi oleh beberapa sensor *prosonic* agar digunakan sebagai sistem proteksi guna menghindari terjadi *loss time running* pada *reclaimer*. Pada dasarnya sensor tersebut digunakan untuk menghindarkan kontak langsung dengan bagian samping *tebing* material. Sehingga mengurangi potensi longsoran material batubara untuk menimbun *boom scraper* dan menjaga kinerja *reclaimer* tetap optimal. Selain itu untuk menjaga posisi *reclaimer* agar tidak mengalami *missallignment* pada kedua sisi motor penggeraknya.

Berikut adalah bagan alir dari penelitian dengan data yang akan dicari dan digunakan dalam pengolahan data:



Gambar 2. 1 Bagan Alir Penelitian  
(Sumber: Dokumen Peneliti)

## 2.2 Batubara

Bahan galian merupakan salah satu sumber daya alam non hayati, yang mana terbentuknya disebabkan oleh proses-proses geologi berdasarkan keterjadian dan sifatnya bahan galian dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu mineral logam, mineral industri serta batubara dan gambut. Karakteristik ketiga bahan galian tersebut berbeda sehingga metode eksplorasi yang dilakukan juga berbeda. Oleh karena itu diperlukan berbagai macam metode untuk mengetahui keterpadatan sebaran kuantitas dan kualitasnya (Rachimoallah, 2002).

Kebutuhan batubara untuk keperluan domestik seperti pada sektor industri produksi semen dan pembangkit listrik maupun untuk ekspor sangat banyak. Batubara menjadi salah satu komoditi yang diunggulkan dan merupakan produk pertambangan yang menarik bagi investor. Namun hal tersebut berbanding terbalik dengan kondisi ketersediaan batubara yang semakin bertambahnya tahun akan semakin menipis. Tentunya hal tersebut menjadi tantangan bagi

industri untuk beralih ke energi baru yang terbarukan. (Nasional, 2006)



Gambar 2. 2 Data Pertumbuhan Kebutuhan Energi di ASEAN  
(Sumber: oilpro.world)

Data diatas menunjukkan bahwa bahan bakar fosil masih menjadi bahan baku yang sangat dibutuhkan oleh industri untuk beberapa tahun kedepan khususnya di kawasan Asia Tenggara. Batubara memiliki presentase yang cukup besar untuk menjadi komoditi utama yang paling dibutuhkan disetiap dekade. Pertumbuhan yang sangat signifikan berbanding lurus dengan kapasitas produksi batubara yang semakin tinggi untuk memenuhi kebutuhan pasar. Pada tahun 2020 kebutuhan batubara sudah mencapai sekitar 180 juta ton, hal ini menunjukkan bahwa batubara sangat diperlukan oleh banyak industri agar tetap menghasilkan produk yang dibuatnya. (Nasional, 2006)

### 2.2.1 Asal Usul Batubara

Batubara adalah sumber energi fosil yang paling banyak kita miliki di dunia ini. Batubara sendiri merupakan campuran yang sangat kompleks dari zat kimia organik yang mengandung karbon, oksigen dan hidrogen dalam sebuah rantai karbon serta sedikit nitrogen dan sulfur. Pada campuran ini juga terdapat kandungan air dan mineral. (Bayuseno, 2009)

Batubara adalah sisa-sisa tanaman prasejarah yang berubah bentuk yang awalnya terakumulasi di rawa-rawa. Akumulasi danau dan sedimen lainnya serta perubahan kerak bumi (yaitu perubahan tektonik), seringkali terkubur oleh rawa dan gambut di tempat yang sangat dalam. Penyimpanan ini memaparkan bahan tanaman pada suhu dan tekanan yang tinggi. Suhu dan tekanan yang tinggi menyebabkan tanaman mengalami perubahan fisik dan kimia, mengubah tanaman menjadi gambut dan kemudian menjadi batu bara. (Bayuseno, 2009)

Kondisi yang baik pada proses pembentukan batubara adalah lingkungan yang berawa dangkal. Kondisi tersebut terdapat pada cekungan sedimen yang terbentuk sepanjang pantai, daerah delta dan danau. Batubara terbentuk oleh adanya perubahan secara fisik dan kimia yang dipengaruhi oleh bakteri pengurai, tekanan, temperatur serta waktu. (Bayuseno, 2009)

Pembentukan batu bara membutuhkan kondisi tertentu dan hanya terjadi pada zaman tertentu dalam sejarah bumi. Periode karbon, sekitar 340 juta tahun yang lalu, merupakan periode pembentukan batubara paling produktif ketika hampir semua deposit batubara ekonomis di belahan bumi utara terbentuk. Pada masa permian sekitar 270 juta tahun yang lalu, endapan batu bara yang ekonomis juga berkembang di belahan bumi bagian selatan, misalnya di Australia yang berlanjut hingga Tersier (70 hingga 13 juta tahun yang lalu) di berbagai belahan bumi lain. (Bayuseno, 2009)

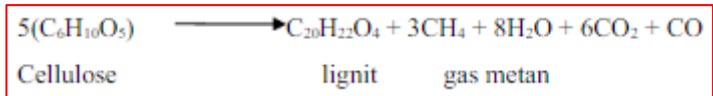
Pembentukan batubara dimulai pada zaman karbon yang dikenal dengan zaman karbon pertama, yang berlangsung 360-290 juta tahun yang lalu. Kualitas setiap endapan batubara ditentukan oleh suhu dan tekanan serta waktu pembentukannya, yang

disebut kematangan organik. Proses asal gambut menjadi lignit (batubara ringan) atau batubara coklat (lignit). Lignit merupakan batubara dengan kematangan organik yang rendah dibandingkan dengan jenis batubara lainnya, Batubara muda cukup lunak dan warnanya bervariasi dari hitam pekat hingga kecoklatan. Perubahan kimia dan fisik berlanjut hingga warna arang mengeras dan berubah menjadi hitam, membentuk bitumen atau antrasit. Dalam kondisi yang tepat, kematangan organik yang meningkat akan terus membentuk antrasit. (Bayuseno, 2009)

Tingkat perubahan dari gambut menjadi antrasit yang dialami dalam proses pembentukan batubara disebut sebagai kokas, yang memiliki hubungan penting dan hubungan ini disebut sebagai tingkat kualitas batubara. Batubara muda lebih menyukai kelembaban tinggi dan kandungan karbon rendah, sehingga kandungan energinya rendah. Karbon berkualitas tinggi biasanya lebih keras dan kuat, seringkali berwarna hitam mengkilat seperti kaca. Batubara dengan kualitas lebih tinggi memiliki kandungan karbon lebih tinggi, kadar air lebih rendah, dan menghasilkan lebih banyak energi. (Bayuseno, 2009)

### **2.2.2 Reaksi Pembentukan Batubara**

Batubara terbuat dari sisa-sisa tumbuhan mati yang komponen utamanya adalah *cellulose*. Proses pembentukan batubara dikenal dengan proses pembentukan batubara. Faktor fisika dan kimia yang terjadi secara alami mengubah *cellulose* menjadi *lignit*, *subbitumina*, *bitumina* atau *antrasit*. Reaksi pembentukan batubara adalah sebagai berikut:



Keterangan:

- a. *Cellulosa* (senyawa organik) merupakan senyawa pembentuk batubara.
- b. Unsur C pada *lignit* jumlahnya relatif lebih sedikit dibandingkan jumlah unsur C pada *bitumina*, maka semakin baik kualitasnya.
- c. Unsur H pada *lignit* jumlahnya relatif banyak dibandingkan jumlah unsur H pada *bitumina*, semakin banyak unsur H pada *alignit* semakin rendah kualitasnya.
- d. Senyawa gas metan (CH<sub>4</sub>) pada *lignit* jumlahnya relatif lebih sedikit dibandingkan dengan *bitumina*, semakin banyak (CH<sub>4</sub>) *lignit* semakin baik kualitasnya. (Indonesia, 1994)

### 2.2.3 Kualitas Batubara

*Grade* batubara adalah sifat fisika dan kimia batubara yang mempengaruhi potensi penggunaannya. Kualitas batubara ditentukan oleh kandungan mineral, serta derajat pembentukan batubara. Umumnya untuk menentukan kualitas batubara dilakukan analisis kimia yang meliputi analisis proksimat dan analisis ultimat. Analisis proksimat dilakukan untuk menentukan kadar air, volatil, karbon tetap dan abu, sedangkan analisis ultimat dilakukan untuk unsur-unsur kimia dari batubara, seperti: karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, belerang dan elemen lainnya. (Sukandarrumidi, 2006)

Kualitas batubara ditentukan dengan analisis di laboratorium, diantaranya adalah analisis proksimat dan analisis ultimat. Kualitas batubara diperlukan untuk menentukan apakah penambangan

batubara menguntungkan, selain cadangan batubara yang besar di wilayah diadakannya penelitian. Berikut parameter-parameter yang sering menjadi acuan dalam menentukan kualitas batubara:

- a. Kalori (*Calorific Value* atau CV, satuan *kal/g* atau *kcal/kg*)

Kandungan nilai kalor total batubara adalah kandungan panas pada batubara yang dihasilkan dari pembakaran setiap satuan berat dalam jumlah kondisi oksigen standar.

- b. Kadar kelembaban (*Moisture*, satuan persen berat)

Hasil analisis untuk kelembaban terbagi menjadi *free moisture* (FM) dan *inherent moisture* (IM). Adapun jumlah dari keduanya disebut dengan *total moisture* (TM). Kelembaban mempengaruhi penggunaan udara primer. Batubara dengan kandungan air yang tinggi membutuhkan lebih banyak udara primer untuk mengeringkan batubara pada suhu yang telah ditentukan oleh keluaran *pulveriser*.

- c. Zat terbang (*Volatile Matter* atau VM, satuan berat)

Kandungan VM mempengaruhi kelengkapan pembakaran dan intensitas api. Perkiraan tersebut didasarkan pada rasio atau hubungan antara kandungan karbon (*fixed carbon*) dan zat terbang (*volatile matter*), yang disebut rasio bahan bakar. Semakin tinggi rasio bahan bakar, semakin banyak karbon dalam batubara yang tidak terbakar. Jika rasio ini lebih dari 1,2 maka penyalaan tidak cukup baik untuk mengurangi laju pembakaran.

d. Kadar abu (*Ash Content*, satuan persen berat)

Bagian abu diangkut bersama dengan gas pembakaran melalui ruang bakar dan unggun konversi sebagai fly ash yang terdiri dari 80% dan 20% abu dasar. Secara umum, semakin tinggi kadar abu, semakin besar pengaruh kontaminasi, keausan, dan korosi pada peralatan yang digerakkan.

e. Kadar karbon (*Fixed Carbon* atau FC, satuan persen berat)

Nilai kandungan karbon diperoleh dengan mengurangkan 100 dari jumlah air (kelembaban), abu dan kandungan zat terbang. Nilai ini meningkat dengan tingkat integrasi. Kandungan karbon dan jumlah zat terbang digunakan sebagai dasar perhitungan evaluasi kualitas bahan bakar berupa nilai rasio bahan bakar.

f. Kadar sulfur (*Sulfur Content*, satuan persen berat)

Kandungan belerang batubara dibagi menjadi belerang piritik, belerang sulfat dan belerang organik. Namun, kandungan belerang batubara biasanya diberikan sebagai belerang total (TS). Kandungan belerang mempengaruhi tingkat korosi sisi dingin pada elemen pemanas udara, terutama ketika suhu operasi berada di bawah titik embun belerang, dan juga mempengaruhi efisiensi pemulihan abu pada presipitator elektrostatik.

g. Ukuran (*Coal Size*)

Ukuran butir batubara dibatasi pada rentang butir halus (*pulvarised coal* atau *dust coal*) dan butir kasar (*lump coal*). Butir paling halus untuk ukuran maksimum tiga milimeter



sedangkan butir paling kasar sampai dengan ukuran lima puluh milimeter.

- h. Tingkat ketergerusan (*Hardgrove Grindability Index*, atau HGI)

Kinerja *pulveriser* atau *mill* dirancang pada nilai HGI tertentu. Pada HGI lebih rendah, kapasitasnya juga harus beroperasi pada tingkat lebih rendah dari nilai standarnya pula untuk menghasilkan tingkat kehalusan (*fineness*) yang sama. (Sukandarrumidi, 2006)

### 2.3 Manajemen *Stockpile* Batubara

Manajemen *stockpile* adalah proses atau prosedur pengaturan yang terdiri dari prosedur untuk kontrol kualitas dan penyimpanan batubara *stockpile*. Manajemen persediaan merupakan upaya untuk mengendalikan batubara yang dihasilkan baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Selain itu, tujuan manajemen inventaris adalah untuk mengurangi limbah yang mungkin timbul dari penanganan atau pemrosesan batubara di inventaris. Misalnya, jumlah batubara berkurang, baik karena erosi di musim hujan, debu di musim kemarau atau limbah yang dihasilkan dari pembakaran batubara di tempat penyimpanan. (Rachimoellah, 2002)

Disamping itu ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam manajemen *stockpile* yaitu sebagai berikut:

1. Kontrol temperatur dan swabakar
2. Kontrol terhadap kontaminasi dan *housekeeping*
3. Kontrol terhadap aspek kualitas batubara
4. Kontrol terhadap aspek lingkungan

Manajemen *Stockpile* secara garis besar dapat dibagi menjadi dua bagian pekerjaan yaitu:

1. *Storage* atau *stocking management*
2. *Quality* dan *quantity management*

Kedua langkah pekerjaan tersebut di atas merupakan satu kesatuan yang harus dikerjakan secara bersama – sama.

Prosedur pengelolaan inventaris dari satu lokasi ke lokasi lainnya tergantung situasi dan kondisi serta kebutuhan masing-masing lokasi. Misalnya, manajemen persediaan yang dilakukan oleh penyedia penyimpanan batu bara atau perusahaan pertambangan batu bara lebih berfokus pada bagaimana batu bara diantarkan sehingga kualitas dan kuantitasnya menyesuaikan dengan permintaan pasar. Selain itu penerapan sistem *mixing* lebih ditujukan untuk memproduksi batubara dengan grade yang berbeda untuk menyediakan batubara sesuai dengan permintaan pelanggan sehingga meningkatkan jangkauan penjualan. (Rachimoellah, 2002)

Berbeda dengan manajemen inventori yang dilakukan di end user seperti pembangkit listrik, manajemen inventori lebih berfokus pada bagaimana menjaga kualitas batubara yang ada di inventori agar tahan lama tanpa resiko terbakarnya inventori. Hal ini disebabkan biasanya batubara di *power plant* harus terjaga kuantitas minimumnya agar tidak terjadi pengurangan batubara yang akan mengakibatkan kerugian yang lebih besar karena apabila batubara di *stockpile* habis, kemungkinannya mengganti bahan bakar dengan minyak atau gas. (Rachimoellah, 2002)

Selain itu, sistem *blending* yang dilakukan lebih bertujuan bagaimana mengatur kualitas batubara yang diumpankan *boiler* sesuai dengan desain kualitas batubara bentuk *boiler* yang bersangkutan sistem *blending* di *end user* seperti di *power plant* sangat penting, karena biasanya untuk menjaga keamanan suplai batubara, perusahaan seperti *power plant* tidak mengambil batubara dari satu pemasok saja melainkan biasanya diambil dari beberapa pemasok. Resikonya adalah bahwa kualitas batubara dari satu pemasok yang satu dengan lainnya kadang – kadang berbeda dan bervariasi. Apalagi kualitas yang menjadi target bagi suatu *power plant* tidak hanya sebatas kalori melainkan juga karakteristik abu yang sangat penting untuk diketahui, karena biasanya masalah yang timbul dari satu *boiler* akibat dari sifat

– sifat abu yang kurang baik, seperti misalnya terjadinya *slagging* atau *fouling*. Oleh karena itu *blending management* di suatu power *plant* sangat penting untuk di jaga kontinuitas operasional *boiler*. (Rachimoellah, 2002)

Namun walaupun demikian secara umum tujuan dari target yang ingin dicapai dari suatu *management stockpile* baik di pemasok batubara atau di *end user* pada prinsipnya sama yaitu melihat dan mengontrol kualitas dan kuantitas batubara di *stockpile*. (Rachimoellah, 2002)

### **2.3.1 Manajemen Gudang Penyimpanan**

Pengaturan penyimpanan batubara sangat penting karena berkaitan dengan menjaga kuantitas dan kualitas batubara yang disimpan di Gudang penyimpanan. Manajemen persediaan dimulai dengan pembuatan rencana persediaan yang tepat, yang didasarkan pada perlindungan kuantitas dan kualitas serta lingkungan. Berorientasi pada pemeliharaan kuantitatif, karena pengelolaan gudang harus memperhatikan faktor kapasitas gudang, yang dapat seluas mungkin pada ruangan yang tersedia, namun tetap harus memperhatikan faktor kualitas dan lingkungan. Melainkan berpedoman pada pemeliharaan kualitas, karena desain gudang harus memperhatikan kualitas yang efektif, sehingga perlu adanya pengendalian kualitas seperti pencampuran, penyimpanan berdasarkan kualitas produk dan lain-lain berbasis lingkungan, karena desain gudang harus benar-benar memiliki fasilitas pengolahan. atau pembuangan sampah dari gudang penyimpanan. Kemungkinan menghasilkan limbah dari gudang adalah salah satunya:

1. Batubara halus yang dapat terbawa oleh air, baik dari air hujan maupun proses injeksi lain.
2. Terjadinya *leaching* terhadap batubara atau material *bedding stockpile* yang mungkin melarutkan zat-zat yang dapat menyebabkan

penyakit atau membahayakan kesehatan apabila air tersebut dikonsumsi baik oleh hewan, tumbuhan maupun manusia.

3. Debu yang berasal dari proses operasional gudang, proses penghancuran, penyimpanan dan proses pemuatan batubara pada truk, gerbong, tongkang atau kapal. (Rachimoellah, 2002)

### 2.3.2 Desain *Stockpile*

Desain suatu *stockpile* akan ditentukan atau bergantung oleh beberapa hal, diantaranya:

1. Kapasitas dan kuantitas batubara yang akan dikelola.
2. Jumlah kelompok mutu yang dijadikan sebagai produk utama.
3. Sistem penimbunan yang digunakan.
4. Sistem pencampuran yang digunakan.

Namun demikian, prinsip-prinsip pembuatan *stockpile* yang berorientasi pada pemeliharaan kuantitas, pemeliharaan kualitas serta berwawasan lingkungan pada dasarnya sama, baik itu *stockpile* berkapasitas kecil maupun berkapasitas besar. Pada desain *stockpile* ini ada beberapa bagian yang perlu diperhatikan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Desain permukaan dasar *stockpile*.
2. Pembuatan saluran di sekeliling *stockpile*.
3. Pembuatan penangkal angin.
4. Sistem penimbunan batubara. (Rachimoellah, 2002)

### 2.3.3 Syarat Teknis Penimbunan

Dalam pelaksanaan penimbunan dan pembongkaran yang dilakukan harus dapat dilakukan pengaturan penimbunan atau pembongkaran yang baik. Hal ini untuk menghindari terjadinya penimbunan yang melebihi kapasitas penimbunan.

Dalam hal ini, perlu memperhatikan teknologi penyimpanan. Syarat teknis penimbunan meliputi:

1. Batubara

Batubara sebagai salah satu persyaratan teknis untuk penyimpanan juga harus diperhatikan. Kondisi batubara yang mempengaruhi sebagai berikut:

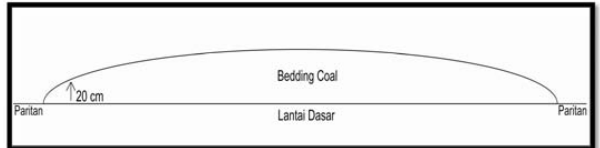
a. Batubara yang disimpan diolah dengan kualitas yang sama

Untuk menghindari pembakaran batubara berkualitas tinggi, jenis batubara yang sama (kadar dan kualitas yang sama) digunakan di setiap lokasi penyimpanan. Hal ini karena batubara kualitas rendah mudah dan cepat terbakar dengan sendirinya, sehingga panas yang dihasilkan oleh batubara kualitas rendah terakumulasi dan mencegah pembakaran batubara kualitas lebih tinggi.

b. Ukuran butir

Ukuran butir mempengaruhi terjadinya pembakaran spontan, oleh karena itu pada saat pengolahan endapan batubara sebaiknya produksi batubara dengan ukuran seragam lebih baik ditinggalkan, karena dengan ukuran butir yang hampir sama terdapat rongga yang cukup banyak pada batubara. mengumpulkan dan memfasilitasi aliran udara.

2. Keadaan tempat penimbunan  
Keadaan tempat timbunan yang mempengaruhi persyaratan teknis penimbunan adalah sebagai berikut:
- a. Persiapan lantai *stockpile*

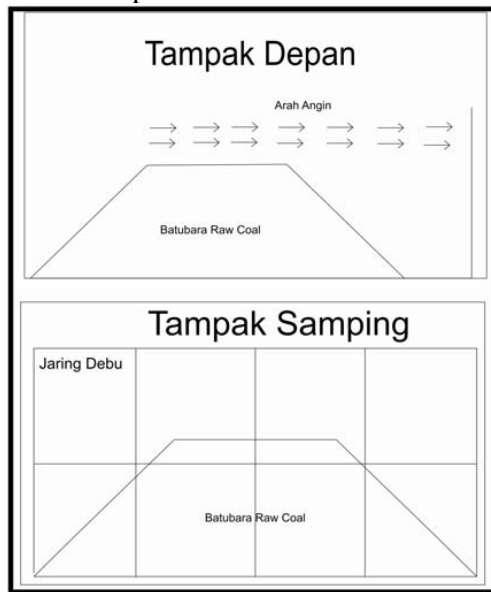


Gambar 2. 3 Bedding Coal  
(Sumber: Sanwani, 1998)

- Lantai tempat gudang batubara harus kokoh dan terbuat dari bahan bantalan batubara yang diendapkan, menggunakan bahan yang cukup kuat untuk menopang berat batubara. Selain itu, lapisan bawah bantalan harus cukup stabil dan memiliki kemiringan yang cukup untuk mengalirkan air.
- b. Area penimbunan yang bersih  
Tidak boleh ada bahan yang mudah terbakar seperti kayu dan sampah di ruang penyimpanan batubara. Selain itu juga harus bebas dari potongan - potongan logam.
- c. Sumber air bertekanan tinggi  
Sumber air bertekanan tinggi sangat dibutuhkan apabila terjadi kebakaran pada daerah sekeliling timbunan, misalnya hidran. Sumber air bertekanan tinggi dibutuhkan apabila kebakaran di sekitar timbunan tidak segera dipadamkan maka akan mempengaruhi naiknya suhu timbunan dan mempercepat proses swabakar pada timbunan.

d. Posisi *stockpile*

Posisi *stockpile* harus memperhatikan arah angin. Dengan mengetahui arah angin maka posisi *stockpile* diusahakan memanjang se arah dengan arah angin, sehingga permukaan timbunan yang diterpa angin akan semakin kecil yang bertujuan menghindari proses oksidasi pada timbunan.



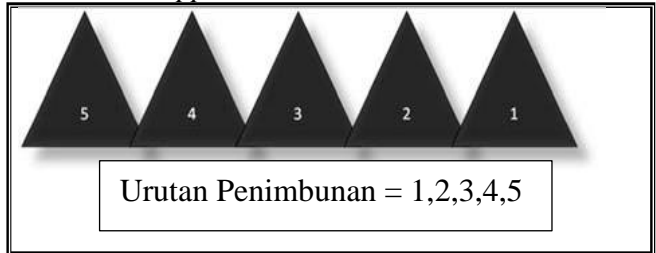
Gambar 2. 4 Arah Angin Pengaruh Terhadap Timbunan  
(Sumber: Sanwani, 1998)

### 2.3.4 Pola Penimbunan

Sistem penyimpanan memiliki dua metode yaitu metode penyimpanan terbuka dan metode penyimpanan tertutup. Penimbunan yang biasa digunakan dalam pertambangan adalah menurut metode penimbunan terbuka. Penyimpanan terbuka adalah penimbunan pada permukaan dengan ukuran yang sesuai dengan tujuan penggunaan dan proses

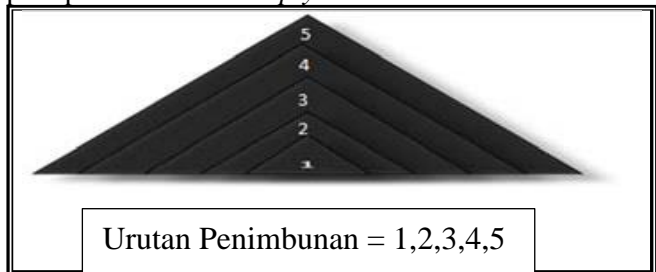
yang digunakan. Model penimbunannya adalah sebagai berikut:

1. *Cone ply* adalah pola yang meruncing di satu ujung ke ketinggian yang diinginkan dan memperpanjang panjang poros. Model ini menggunakan peralatan mesin pencurah seperti *stacker* dan *tripper*.



Gambar 2. 5 Pola Penimbunan Cone ply  
(Sumber: Sanwani, 1998)

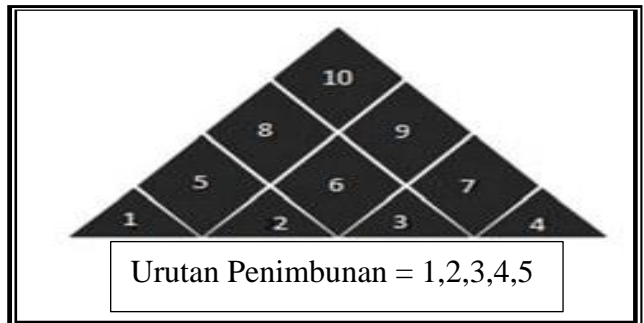
2. *Chevron* adalah pola dengan menempatkan timbunan satu baris material, sepanjang *stockpile* dan timbunan dengan cara bolak balik hingga mencapai ketinggian yang diinginkan. Pola ini baik untuk alat curah seperti *belt conveyor* atau *stacker reclaimer*.
3. *Chevron* adalah pola penimbunan dengan kombinasi antara pola penimbunan *chevron* dan pola penimbunan *cone ply*.



Gambar 2. 6 Pola Penimbunan Chevron  
(Sumber: Sanwani, 1988)



4. *Windrow* adalah model yang menggunakan timbunan dalam baris sejajar yang selebar *stockpile* dan kemudian diteruskan sampai ketinggian yang dikehendaki tercapai. Umumnya alat yang digunakan adalah *backhoe*, *bulldozer*, dan *loader*.



Gambar 2. 7 Pola Penimbunan Windrow  
(Sumber: Sanwani, 1988)

## 2.4 Reclaimer Batubara

Material batubara yang didistribusikan dari *jetty* memiliki kandungan yang beragam yang disebabkan oleh kondisi tambang, proses pengiriman dan cuaca. Oleh karena itu diperlukan proses prehomogenisasi atau pencampuran awal oleh *stacker*. Material yang terdapat di *stockpile* didistribusikan ke *belt conveyor* kemudian ke *bin raw coal* menggunakan *reclaimer* dengan cara menggaruk gundukan material batubara menggunakan *chain scrapper* atau *boom scrapper*. *Reclaimer* beroperasi sesuai dengan jalur relnya yang berada di sisi *stockpile*. Pada umumnya, rentang travel pada *reclaimer* telah diatur oleh operator melalui *hmi* sesuai dengan kebutuhan produksi. Selain mengatur rentang jarak *travel*, tinggi *boom scrapper* juga diatur untuk memulai penggarukan pada material batubara.

### 2.4.1 Bagian-bagian *Reclaimer* Batubara

#### A. *Main boom scrapper*

*Main boom scrapper* merupakan bagian utama dari *reclaimer* yang berfungsi untuk menggaruk gundukan batubara kemudian diarahkan ke *belt conveyor*. *Scrapper* ini memiliki *bucket* disepanjang *boom* yang terkoneksi satu sama lain dengan *chain* untuk menggaruk batubara. *Chain* tersebut digerakkan oleh motor yang kecepatannya dikontrol oleh modul *PLC*. Kecepatan dari *scrapper* bergantung pula oleh kecepatan dari *belt conveyor*, pengaturan ini disesuaikan oleh kebutuhan permintaan produksi terkait volume pada *bin raw coal*.



Gambar 2. 8 *Main boom scrapper*  
(Sumber: Dokumen Peneliti)

#### B. *Auxiliary boom scrapper*

*Auxiliary boom scrapper* berperan sebagai pendorong material batubara yang tidak bisa tergaruk oleh *main scrapper*. Pada dasarnya sistem kerja kedua *reclaimer* ini sama, namun yang membedakan hanyalah arah putaran *chain scrapper*-nya yakni berputar searah jarum jam sedangkan *main scrapper* berlawanan arah

dengan jarum jam. *Auxiliary scrapper* memiliki dimensi yang lebih pendek dibanding *main scrapper* karena hanya digunakan untuk kebutuhan *supporting* saja dan menyesuaikan dari desain lebar *stockpile* batubara. Desain *reclaimer* yang memiliki dua *scrapper* ini sebenarnya tidak efektif karena akan membelah material menjadi dua bagian jika *auxiliary scrapper* tidak dioperasikan secara bersamaan dengan *main boom scrapper*.



Gambar 2. 9 Auxiliary boom scrapper  
(Sumber: Dokumen Peneliti)

### C. Cable drum

*Reclaimer* bergerak secara konstan pada jalur relnya, daya yang digunakan oleh *reclaimer* untuk beroperasi berasal dari *electric room* yang kemudian didistribusikan dengan kabel. Pada proses operasinya kabel tersebut ditempatkan pada sebuah tempat penyimpanan berbentuk lingkaran dan akan secara otomatis menggulung dan mengulur kabel sesuai pergerakan *reclaimer*. Kabel tersebut merupakan komponen utama penghubung komunikasi dengan ruang operator, daya listrik dan control di dalam kabin. Kabel tersebut terdiri dari *fiber optic* sebagai penyalur

komunikasi dan kabel tembaga untuk mengalir listrik ke *reclaimer*.



Gambar 2. 10 *Cable drum*  
(Sumber: Dokumen Peneliti)

#### D. *Cabin*

*Cabin* pada *reclaimer* merupakan sebuah ruangan yang berisikan semua alat kontrol untuk kinerja *reclaimer*. Didalamnya terdapat panel kontrol kelistrikan seperti modul *PLC*, *MCB*, *HMI*, *VSD* dan *relay*. *Cabin* harus dijaga suhu ruangnya karena memiliki banyak komponen listrik yang kerap terganggu performanya akibat suhu ruangan yang panas. Operator menjalankan dan mengatur parameter kinerja *reclaimer* dari layer *HMI* yang ada di *cabin*. Pengaturan tersebut digunakan untuk menentukan kinerja *reclaimer* terkait rentang jarak *reclaiming*, *pile* yang akan digunakan operasi dan ketinggian main *boom reclaimer* serta kecepatan *chain scrapper* untuk menggaruk material.



Gambar 2. 11 *Cabin Kontrol Reclaimer*  
(Sumber: Dokumen Peneliti)

## 2.5 **Sensor Proximity**

Sensor jarak adalah sensor elektronik yang dapat mendeteksi keberadaan objek di sekitar tanpa kontak fisik. Sensor jarak juga bisa dikatakan sebagai perangkat yang dapat mengubah informasi tentang pergerakan atau keberadaan suatu objek menjadi sinyal listrik. Sensor jarak atau kedekatan dapat mendeteksi kedekatan (jarak) objek yang terbuat dari bahan yang berbeda, baik logam maupun non-logam. (Karim, 2013)

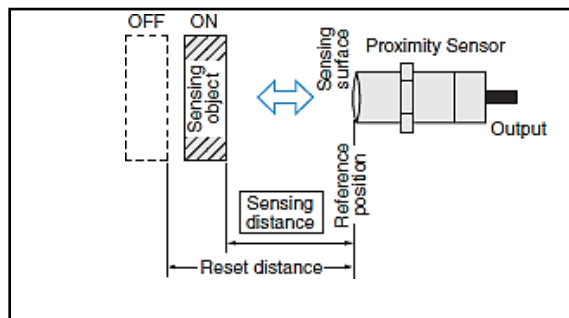
### 2.5.1 **Prinsip Kerja**

Karakteristik dari sensor ini adalah mendeteksi obyek benda dengan jarak yang cukup dekat. *Proximity* sensor ini mempunyai tegangan kerja antara 10-30 Vdc dan ada juga yang menggunakan tegangan 100-200 Vac. Hanya perubahan kecil atau perubahan jarak objek dari sensor jarak, sensor bekerja dan mengirimkan sinyal yang terhubung ke berbagai sistem otomasi. Jarak maksimum yang bisa dideteksi oleh sensor ini didefinisikan dengan "kisaran nominal". Beberapa sensor memiliki penyesuaian kisaran nominal atau

sarana untuk melaporkan jarak pendeteksian. *Proximity* sensor hanya digunakan untuk mendeteksi atau mengetahui keberadaan suatu objek atau benda, dan bukan untuk melakukan pengukuran dan sebagainya. Prinsip kerja secara umum dari sensor *proximity* ini adalah sebagai berikut:

### 1. Jarak Deteksi

Jarak deteksi adalah besar jarak pada saat objek akan terbaca oleh sensor ketika objek digerakkan oleh metode tertentu. Sensor akan beroperasi atau bekerja pada jarak atau area tertentu, dimana saat objek berada diluar area tersebut maka sensor tidak akan lagi mendeteksi objek tersebut. Seperti yang telah disebutkan jarak deteksi atau *sensing distance* berkisar antara satu milimeter sampai beberapa sentimeter saja sesuai tipe sensor yang digunakan. Jarak deteksi akan dijelaskan pada gambar yang ada di halaman selanjutnya.



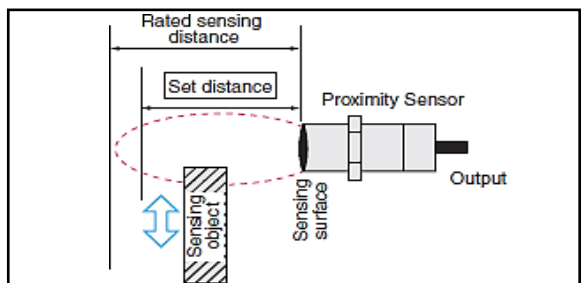
Gambar 2. 12 Jarak Deteksi  
(Sumber: Syaiful Karim, 2013)

*Reset distance* adalah jarak dimana sensor dalam keadaan *reset*, sehingga objek tidak akan terdeteksi dan sensor tidak aktif (ditunjukkan dengan lambang ("OFF")). *Sensing distance* adalah jarak toleransi dimana sensor akan aktif

bekerja mendeteksi jikalau ada benda yang melewati permukaan sensor (*sensing surface*). Saat objek melewati permukaan sensor maka objek tersebut (*sensing object*) akan mengaktifkan sensor (ditunjukkan dengan lambang "ON") Sehingga *Proximity Sensor* akan menghasilkan keluaran (*output*). Baik *reset distance* maupun *sensing distance* dihitung mulai dari *reference position* atau posisi referensi yang sama dengan posisi *sensing surface*.

## 2. Pengaturan Jarak

Pengaturan jarak objek ke permukaan sensor memungkinkan penggunaan sensor yang lebih stabil dalam pengoperasiannya, termasuk pengaruh suhu dan voltase. Posisi default target adalah sekitar 70-80% dari jangkauan atau area *sensing distance* yang telah ditentukan masing-masing tipe sensor. Pengaturan jarak akan dijelaskan pada gambar berikut:



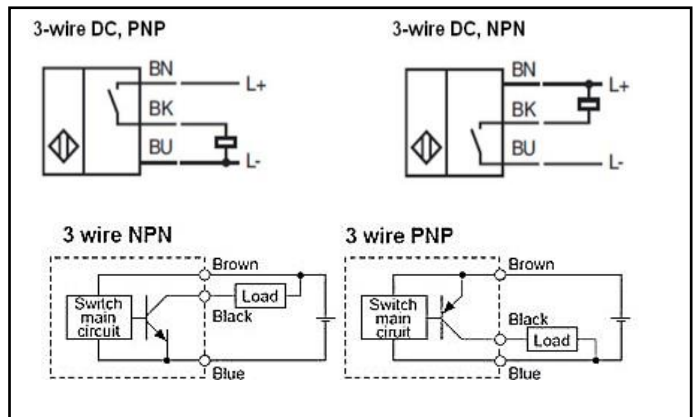
Gambar 2. 13 Pengaturan Jarak  
(Sumber: Syaiful Karim, 2013)

*Rated sensing distance* adalah jarak atau area dari *sensing distance* yang telah disebutkan sebelumnya, dimana pada jarak atau area ini *proximity* sensor bekerja untuk mendeteksi objek yang melewatinya. *Set distance* adalah standar posisi objek yang besarnya sekitar 70% sampai 80% dari jarak atau area *rated sensing distance*.

Tujuannya selain untuk menstabilkan kinerja sensor, pengaturan jarak ini juga berguna untuk mengurangi jikalau ada kesalahan (*error*) dan meningkatkan sensitivitas dari sensor terhadap objek dengan bahan tertentu (misal tipe logam yang berbeda).

### 3. Penyambungan Kabel Sensor

Berdasarkan bagaimana cara menyambung kabel, terdapat dua macam *proximity*, yaitu PNP dan NPN. Biasanya *proximity* mempunyai tiga koneksi keluar. Suplai DC diberikan ke sensor melalui kontak P dan N (positif dan negatif). Pada jenis PNP, kontak yang ketiga adalah kontak P yang akan “*open*” atau “*close*” jika sensor mendeteksi suatu obyek. Sedangkan pada jenis NPN, kontak yang satunya adalah kontak N yang akan “*open*” atau “*close*” jika sensor mendeteksi suatu obyek. Kebanyakan sensor *proximity* mempunyai lebih dari tiga kabel koneksi, sehingga satu sensor ini bisa disambung sebagai PNP atau NPN dan juga NO (*Normally open*) atau NC (*Normally close*). (Karim, 2013)



Gambar 2. 14 Koneksi Output Proximity Sensor PNP dan NPN  
(Sumber: Syaiful Karim, 2013)



### 2.5.2 Klasifikasi Sensor *Proximity*

Sensor jarak secara umum dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu sensor jarak induktif dan sensor jarak kapasitif. Kedua jenis sensor ini memiliki prinsip kerja yang berbeda terhadap benda yang menjadi objeknya. Penggunaan sensor ini sangat beragam di kalangan industri karena dapat digunakan secara fleksibel tergantung dari kebutuhan. Berikut ini penjelasan mengenai klasifikasi sensor *proximity* yaitu sebagai berikut:

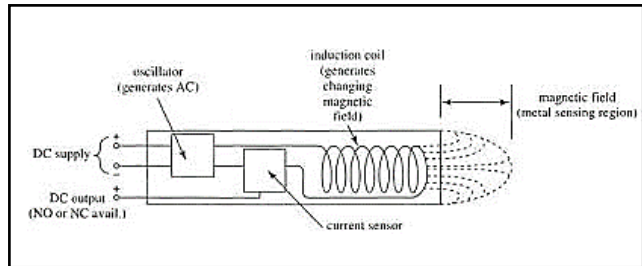
#### 1. *Inductive Proximity* Sensor (Sensor Jarak Induktif)

Sensor jarak induktif adalah sensor jarak yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan logam, baik besi maupun non besi. Sensor ini dapat digunakan untuk deteksi kehadiran (ada atau tidaknya benda logam), penghitungan benda logam, dan aplikasi pemosisian.

Kemampuan induktif untuk mendeteksi benda besi atau logam, meski terhalang oleh benda non-logam, sensor masih dapat mendeteksi objek selama berada dalam jarak penginderaan atau rentang toleransinya. Saat sensor mendeteksi keberadaan logam di zona deteksinya, keadaan awal sensor berubah nilainya.

Sensor jarak induktif bekerja sehingga ketika tegangan bias diterapkan ke rangkaian, osilator beroperasi dan menciptakan medan magnet frekuensi tinggi (yang merupakan area penginderaan) untuk kumparan induktif. Saat benda yang terbuat dari bahan penghantar listrik (bersifat konduktif, misalnya logam) didekatkan ke permukaan sensor ini, terjadi perubahan medan magnet. Perubahan medan magnet ini dideteksi oleh serangkaian detektor. Kemudian

keluaran rangkaian detektor ini menjadi keluaran sensor (logika high atau low tergantung keadaan NO atau NC). Di bawah ini adalah gambar rangkaian sensor jarak induktif.



Gambar 2. 15 Rangkaian Sensor Proximity Induktif  
(Sumber: Robert H. Bishop, 2002)

Sensor jarak induktif ini pada dasarnya terdiri dari osilator, lilitan inti ferit, rangkaian detektor, rangkaian keluaran, kabel dan konektor. Osilator sensor jarak ini menghasilkan gelombang sinus frekuensi tetap. Sinyal ini digunakan untuk mengontrol koil atau koil. Kumparan dengan inti ferit ini menginduksi medan elektromagnetik. Ketika garis-garis medan elektromagnetik ini diinterupsi oleh benda logam, tegangan osilator turun sebanding dengan ukuran dan jarak benda dari koil atau koil. Sensor jarak itu dengan demikian dapat mendeteksi objek yang mendekatnya. Pengurangan tegangan osilator ini disebabkan oleh arus eddy yang diinduksi dalam logam, memutus kabel logam.

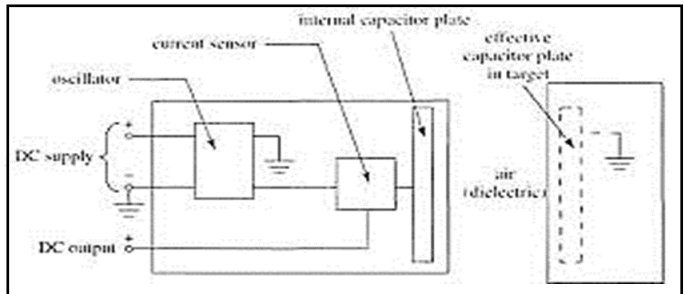
## 2. *Capacitive Proximity Sensor* (Sensor Jarak Kapasitif)

Sensor jarak kapasitif atau *capacitive proximity* sensor adalah sensor jarak yang dapat mendeteksi gerakan, komposisi kimia, level dan komposisi cairan, serta tekanan. Sensor jarak

kapasitif dapat mendeteksi bahan dengan konstanta dielektrik rendah, seperti plastik atau kaca, dan bahan dengan konstanta dielektrik yang lebih tinggi, seperti cairan, sehingga sensor jenis ini dapat mendeteksi permukaan banyak bahan dengan kaca, plastik, atau wadah lainnya.

Sensor jarak kapasitif pada dasarnya mirip dengan sensor jarak induktif, perbedaannya adalah sensor kapasitif menghasilkan medan elektrostatik sedangkan sensor induktif menghasilkan medan elektromagnetik. Sensor jarak kapasitif ini dapat diaktifkan oleh bahan konduktif dan non-konduktif. Elemen aktif sensor jarak kapasitif terdiri dari dua elektroda logam yang disusun untuk membentuk kapasitor terbuka yang serupa. Elektroda ini ditempatkan di sirkuit getaran frekuensi tinggi. Jika objek mendekati permukaan sensor jarak kapasitif ini, medan elektrostatik pelat logam terganggu, menyebabkan kapasitansi sensor jarak berubah. Perubahan ini mengubah kondisi pengoperasian sensor jarak sehingga dapat mendeteksi keberadaan objek.

Sensor kedekatan kapasitif mendeteksi semua objek dalam jangkauan penginderaannya, baik logam maupun non-logam, dengan prinsip bahwa semua jenis bahan dapat menjadi chip kapasitor (mampu menyimpan muatan). Kedekatan kapasitif mengukur perubahan kapasitansi medan listrik kapasitor yang disebabkan oleh objek yang mendekatinya. Di bawah ini adalah gambar rangkaian sensor jarak kapasitif.



Gambar 2. 16 Rangkaian Sensor Proximity Kapasitif  
(Sumber: Robert H. Bishop, 2002)

Beberapa aplikasi yang dapat dibuat dengan sensor kapasitif diantaranya adalah:

- a. Sensor Tekanan: menggunakan sebuah membran yang dapat merenggang sehingga tekanan dapat dideteksi dengan menggunakan *spacing sensitive detector*.
- b. Sensor Berat: menggunakan perubahan nilai kapasitansi diantara kedua plat yang jarak kedua plat berubah sesuai beban berat yang diterima.
- c. Ketinggian cairan: menggunakan perubahan nilai kapasitansi antara kedua plat konduktor yang dicelupkan kedalam cairan.
- d. Jarak: jika sebuah *object metal* mendekati elektroda kapasitor, didapat nilai kapasitansi yang berubah-ubah.
- e. Layar sentuh: dengan menggunakan X-Y tablet.
- f. *Shaft angle or linear position*: dengan menggunakan metode *multiplate*, kapasitif sensor dapat mengukur posisi. (Syam, 2013)

### 2.5.3 Implementasi Sensor *Proximity*

Sensor jarak banyak digunakan dalam sistem otomasi di berbagai industri karena memiliki akurasi dan sensitivitas sensor yang sangat baik. Hampir setiap mesin produksi saat ini memiliki jenis sensor ini, karena selain kepraktisan, sensor tersebut juga termasuk sensor tahan guncangan atau benturan, selain itu perawatan, perbaikan atau penggantian sensor jarak relatif mudah.

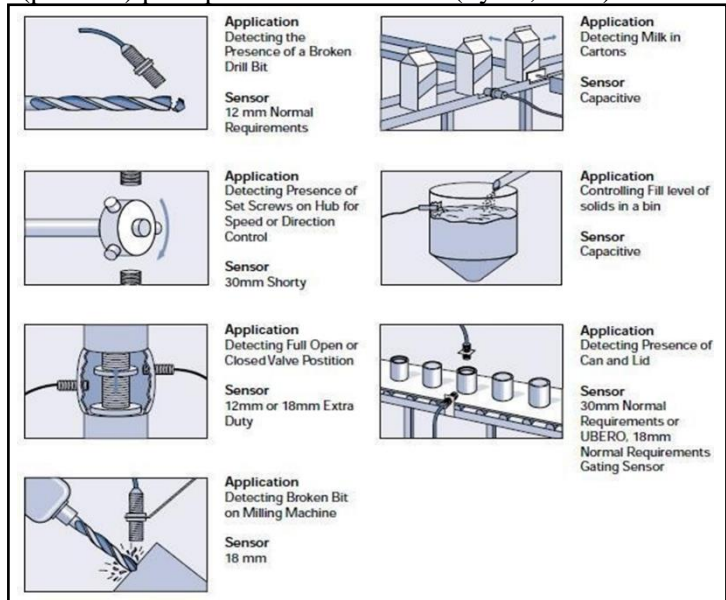
Sensor jarak ini memiliki keunggulan dalam hal performa tinggi dan umur panjang karena sensor ini tidak memiliki bagian mekanis yang bersentuhan langsung dengan objek. Beberapa fungsi dari sensor jarak termasuk, misalnya:

- a. Mendeteksi sebuah objek
- b. Mengukur dimensi sebuah objek
- c. Menghitung banyaknya objek
- d. Mendeteksi adanya simbol
- e. Pemeriksaan sebuah objek
- f. Pendeteksian beberapa warna, dll.

Sensor *proximity* juga banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Sensor ini banyak digunakan pada ponsel *smartphone*, sensor *proximity* sangat berguna ketika menerima atau melakukan panggilan telepon, ketika mendekatkan ponsel ke telinga, otomatis layar dan fungsi *touchscreen* akan mati, dan saat ponsel dijauhkan dari telinga maka ponsel akan menyala dan *touchscreen* akan berfungsi kembali. Hal tersebut bertujuan untuk menghemat baterai dan melindungi pengguna ponsel dari salah tekan tombol saat melakukan panggilan telepon. Sensor ini umumnya terletak di atas bagian ponsel, sebelah kamera depan. (Syam, 2013)

Pada dunia industri sensor *proximity* umumnya dipakai untuk memonitoring peralatan yang berputar (*sSpeed monitor*), menghitung jumlah

produk, memilah produk, dan memonitor kedalaman isi tanki, selain itu juga digunakan untuk tujuan *safety* (proteksi) pada peralatan itu sendiri. (Syam, 2013)



Gambar 2. 17 Penggunaan Sensor Proximity di Dunia Industri  
(Sumber: Robert H. Bishop)

## 2.6 Programmable Logic Controller

*Programmable Logic Controller* adalah perangkat yang mengontrol sistem operasi atau sistem mesin. Metode PLC untuk mengontrol sistem adalah dengan menganalisa masukan kemudian mengatur kondisi keluaran sesuai dengan keinginan pengguna. Input PLC dapat berupa sakelar, sakelar batas, sensor listrik, atau input lain yang dapat menghasilkan sinyal yang dapat masuk ke PLC. Output PLC juga bervariasi, seperti sakelar yang menyalakan lampu indikator, relai yang mengontrol operasi motor, kontaktor magnetik yang mengontrol motor 3 fasa, atau keluaran lain yang dapat menerima sinyal keluaran dari PLC. Selain itu, PLC juga menggunakan memori yang dapat diprogram untuk

mengeksekusi instruksi atau perintah yang menjalankan fungsi khusus seperti gerbang logika, logika waktu (timer), sinyal sekuensial, dan perhitungan aritmatika yang digunakan untuk mengontrol mesin melalui I/O digital dan analog. Konsep PLC adalah sebagai berikut:

- a. *Programmable*, menunjukkan kemampuan untuk menyimpan program yang dibuat, mudah dimodifikasi tergantung fungsi atau kegunaannya.
- b. *Logic*, menunjukkan kemampuan untuk mengolah input arithmetic and logic (ALU), yaitu untuk melakukan operasi seperti membandingkan, menambah, mengalikan, membagi, mengurangi, meniadakan, AND, OR dan lain sebagainya.
- c. *Controller*, menunjukkan kemampuan untuk mengontrol dan mengatur proses untuk mencapai hasil yang diinginkan. (Putra, 2007)

### 2.6.1 Fungsi PLC

PLC ini dirancang untuk menggantikan saklar relai sekuensial pada sistem kontrol. Selain dapat diprogram, alat ini dapat dikontrol dan digunakan oleh orang yang tidak memiliki pengetahuan khusus di bidang pengoperasian komputer. PLC ini memiliki bahasa pemrograman yang mudah dipahami sehingga dapat digunakan saat memasuki program yang dibuat dengan perangkat lunak yang sesuai dengan PLC yang digunakan. Alat ini bekerja berdasarkan input yang ada dan bergantung pada kondisi waktu tertentu untuk menghidupkan atau mematikan output, 1 berarti kondisi yang diharapkan terpenuhi, sedangkan 0 berarti kondisi yang diharapkan tidak terpenuhi. PLC juga dapat diterapkan pada sistem kontrol multi-output. (Putra, 2007)

Fungsi dan tujuan PLC sangat luas. Dalam prakteknya, PLC dapat dibagi secara umum dan

terpisah. Secara umum, fungsi PLC adalah sebagai berikut:

1. Kontrol sekuensial, PLC memproses input sinyal biner ke output, digunakan untuk pemrosesan rekayasa sekuensial (berurutan). Di sini PLC memastikan bahwa semua langkah atau tahapan dari proses sekuensial berjalan dengan urutan yang benar.
2. Perangkat pemantau, PLC secara konstan memantau keadaan sistem (misalnya suhu, tekanan, ketinggian) dan mengambil tindakan yang diperlukan terkait dengan proses yang dikendalikan (misalnya nilai melebihi nilai batas) atau menampilkan pesan kepada pengguna.

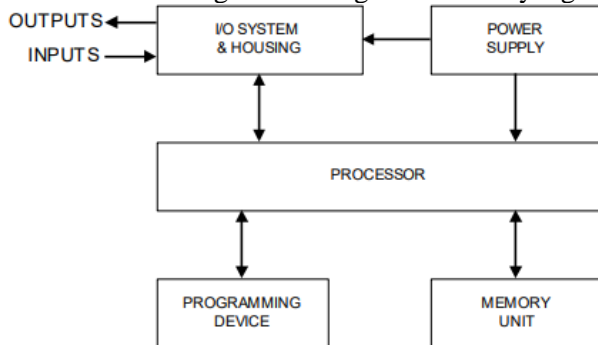
Sedangkan peran PLC secara khusus untuk bisa meng-*input* ke CNC (Computerized Numerical Control). Beberapa PLC dapat memberikan input ke CNC untuk diproses lebih lanjut. Dibandingkan dengan PLC, CNC memiliki presisi yang lebih tinggi dan lebih mahal. CNC biasanya digunakan untuk proses finishing, pembentukan benda kerja, cetakan dan sebagainya. (Putra, 2007)

### 2.6.2 Prinsip Kerja PLC

*Programmable logic controller (PLC)* akan menguji status nilai dari *input*-nya dan memberikan respon untuk mengontrol proses atau mesin melalui *output*-nya. Kombinasi dari data *input* dan *output* mengacu kepada program logikanya. Beberapa kombinasi logika digunakan untuk menghasilkan perencanaan kontrol atau program. Perencanaan kontrol program disimpan dalam *memory* dan pada periode waktu tertentu program tersebut di-*scan* oleh prosesor, biasanya menggunakan mikroprosesor, untuk memperhitungkan perintah sequensial. Periode



untuk mengevaluasi program dari *PLC* disebut sebagai “*scan time*”. Jadi langkah kerja dari *PLC* yang dilakukan adalah memonitor masukan (variabel keadaan), melakukan evaluasi sesuai dengan hukum-hukum logika kendali yang sudah diprogram, kemudian menghasilkan keluaran kontrol untuk dihubungkan dengan peralatan keluaran dan kemudian berulang sesuai dengan *scan time* yang ada.



Gambar 2. 18 Skematis Sistem PLC  
(Sumber: Agfianto P. Eko, 2007)

*PLC* merupakan perangkat elektronika yang dibuat dari mikroprosesor, dengan tujuan *PLC* ini dapat menganalisa kondisi *input* yang kemudian dapat disesuaikan dengan keinginan pengguna untuk pengontrolan suatu *output*. Sinyal *input* dimasukkan kedalam *Input Card*. *Input Card* sendiri memiliki dua jenis, yaitu:

1. *Analog input card*
2. *Digital input card*

Setiap *input* memiliki alamat tertentu, sehingga mikroprosesor akan mendeteksi *input* melalui nama alamat *input*-nya, bukan jenis *input*-nya. Banyaknya *input* pada *PLC* tergantung pada jenis *PLC* itu sendiri. Sinyal *output* dikeluarkan *PLC* sesuai dengan program yang telah ditetapkan oleh

pengguna. Sama seperti *input*, jenis *output* pun memiliki 2 jenis, yaitu:

1. *Analog output card*
2. *Digital output card*

Setiap *output* memiliki alamat tertentu dan mikroprosesor akan membaca keadaan *output* sesuai dengan nama alamat *output*-nya. Pada *PLC* juga disediakan internal *input* dan internal *output* yang dapat digunakan pengguna. *Input output* yang disediakan didalam *PLC* sangat beragam, mulai dari *timer*, *delay off*, *delay on*, *counter*, *off timer*, *on timer* dan konfigurasi lainnya. Untuk memproses konfigurasi tersebut, *PLC* mendeteksinya melalui nama alamatnya.

Untuk melaksanakan kontrol sistem, *PLC* menggunakan perangkat lunak yang dapat diprogram. Biasanya program yang dipakai *PLC* adalah *ladder diagram* dan intruksi dasar diagram, akan tetapi setiap jenis *PLC* memiliki perbedaan cara dalam penulisan program. (Putra, 2007)

### **2.6.3 Struktur Dasar PLC**

Struktur penyusun *PLC* yang paling sederhana dibagi menjadi empat bagian, diantara adalah sebagai berikut:

a. *Central processing unit*

*CPU* berfungsi untuk mengontrol dan mengawasi keadaan *input* dan *output PLC*. *CPU* juga berfungsi sebagai prosesor dan *timer* untuk perangkat lunak, serta *CPU* juga dapat menerjemahkan bahasa perantara yang berisi logika dan *timer* yang dibutuhkan untuk komunikasi data (*interface*) dengan pengguna.

b. *Input* atau *Output Card*

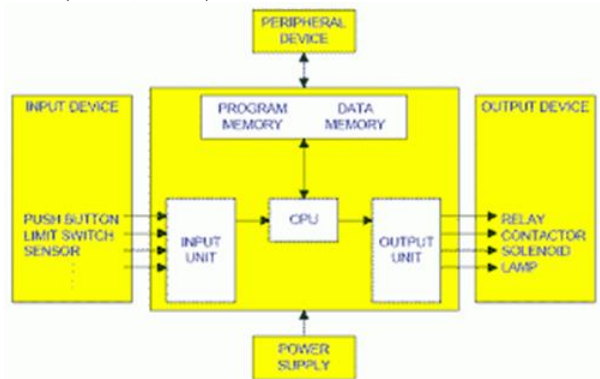
Sebagaimana fungsi *PLC* adalah untuk mengontrol proses, *input* dan *output* adalah bagian penting *PLC*. Perangkat yang dihubungkan dan mengirim data ke *PLC* dinamakan perangkat *input*. Sinyal masuk melalui terminal atau kaki-kaki penghubung, terminal ini dinamai *input* poin. *Input* akan mengirim informasi keadaannya ke dalam memori dan disimpan di lokasi memori yang biasa disebut *input bit*. *PLC* juga mempunyai terminal yang dapat mengeluarkan suatu sinyal yang juga disebut *output*. Terminal yang mengeluarkan sinyal dapat disebut *output* poin. *output* poin pun akan mengirim data ke memori dan disimpan pada bagian *output bit* pada memori.

c. *Memory*

*Memory* disini berfungsi untuk menyimpan perintah-perintah yang telah diprogram oleh pengguna dan juga berfungsi untuk menyimpan data-data hasil perhitungan proses. *PLC* menggunakan perangkat memori semikonduktor seperti *RAM (Random Access Memory)*, *ROM (Read Only Memory)* dan *PROM (Programmable Read Only Memory)*. *RAM* mempunyai akses dengan kecepatan tinggi dan dapat program-program didalamnya dapat di program ulang (deprogram) sesuai dengan keinginan pemakai. *RAM* juga disebut sebagai *volatile memory*, yaitu memori akan hilang semua datanya jika memori tidak dialiri listrik. Untuk mengantisipasi listrik padam secara tidak sengaja, maka *RAM* dipasang sebuah baterai yang akan mengaliri listrik jika sumber listrik utama padam.

d. *Power Supply*

PLC tidak akan beroperasi jika tidak ada masukan tegangan listrik. Beberapa masukan PLC merupakan listrik DC dan listrik AC. Listrik AC digunakan sebagai sumber yang dapat digunakan untuk menyuplai beban yang besar. Sedangkan listrik DC digunakan sebagai suplai sistem operasi. Perlu diingat, bagian dalam PLC sangat sensitif, sehingga tidak boleh tertukar mana bagian yang memakai suplai AC dan suplai DC. (Putra, 2007)



Gambar 2. 19 Struktur Dasar PLC  
(Sumber: Agfianto P. Eko, 2007)

## 2.6.4 Kelebihan dan Kekurangan PLC

Dalam industri saat ini, kehadiran PLC sangat diperlukan untuk menggantikan sistem pengkabelan atau perkabelan yang sebelumnya digunakan untuk mengontrol sistem. Namun banyak keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan PLC, diantaranya sebagai berikut:

- a. Fleksibel, karena dulu setiap perangkat elektronik yang berbeda dikendalikan oleh pengontrolnya sendiri. Misalnya, sepuluh mesin membutuhkan sepuluh pengontrol, tetapi

sekarang hanya satu PLC yang dapat mengontrol sepuluh mesin dengan programnya sendiri.

- b. Lebih mudah mengubah dan memperbaiki kesalahan sistem, jika salah satu sistem perlu diubah atau diperbaiki, perubahan dilakukan pada program di komputer dalam waktu yang relatif singkat, setelah itu diunggah ke PLC. Jika Anda tidak menggunakan PLC, misalnya relai, perubahan dilakukan dengan mengubah kabel. Tentu saja cara ini membutuhkan waktu yang lama.
- c. Jumlah kontak di setiap koil PLC lebih besar dari jumlah kontak yang dimiliki relai.
- d. Harganya lebih murah karena PLC dapat menyederhanakan banyak pengkabelan dibandingkan dengan *relay*. Jadi biaya satu PLC lebih murah daripada biaya beberapa *relay*, yang dapat disambungkan sebanyak satu PLC. Sebuah PLC berisi *relay*, *timer*, *counter*, *sequencer* dan banyak fungsi lainnya.
- e. Mampu bekerja dari jarak jauh karena PLC terprogram dapat dijalankan dan dievaluasi terlebih dahulu di kantor atau laboratorium. Program ini dapat ditulis, diuji, dipantau, dan dimodifikasi sesuai kebutuhan, menghemat waktu dibandingkan dengan sistem relai tradisional, yang telah diuji pabrik dengan hasil terbaik.
- f. Pengamatan visual bahwa ketika program sedang berjalan, operasi PLC ditampilkan di layar CRT. Kesalahan yang disebabkan oleh operasi juga dapat dideteksi saat terjadi.
- g. Kecepatan operasi PLC lebih cepat dibandingkan dengan relai. Kecepatan PLC ditentukan oleh waktu pengambilan sampel dalam milidetik.

- h. Uji sifat kekebalan dibandingkan dengan relai dan pengatur waktu mekanis atau elektrik. PLC adalah perangkat solid state, sehingga lebih tahan terhadap pengujian.
- i. Menyederhanakan komponen sistem kontrol karena sistem PLC juga mencakup penghitung, relai, dan komponen lainnya, menghilangkan kebutuhan akan komponen tambahan. Penggunaan *relay* membutuhkan *counter*, *timer* atau komponen lainnya sebagai perlengkapan tambahan.
- j. Untuk dokumentasi bisa didapatkan secara langsung dan tidak membutuhkan pengecekan pada *blueprint circuit*-nya. Tidak seperti *relay* yang mana *printout* sirkuitnya tidak bisa didapatkan.
- k. Keamanan sistem PLC sangat ditingkatkan karena tidak ada perubahan yang dapat dilakukan pada PLC kecuali PLC telah dibuka dan diprogram. Ini berarti tidak ada orang yang tidak berkepentingan yang dapat mengubah program PLC selama PLC dalam keadaan terkunci.
- l. Dapat melakukan perubahan melalui pemrograman ulang, karena PLC dapat diprogram ulang dengan cepat, proses produksi campuran dapat diselesaikan. Misalnya bagian B bekerja tetapi bagian A tetap bekerja, maka proses bagian B dapat diprogram ulang dalam hitungan detik.
- m. Penambahan jaringan yang lebih cepat di mana pengguna dapat dengan cepat menambahkan jaringan operator kapan saja tanpa menghabiskan banyak energi dan biaya seperti operator tradisional.

Selain keuntungan yang telah disebutkan, maka terdapat kerugian yang dimiliki oleh *PLC*, yaitu:

- a. Teknologinya masih baru karena beberapa orang merasa sulit untuk mengubah sistem kontrol tangga atau relai lama menjadi konsep komputer *PLC*.
- b. Tidak optimal untuk aplikasi *fixed*, dimana beberapa aplikasi cenderung *single-function application*. Padahal sebuah *PLC* dapat memuat beberapa fungsi secara bersamaan. Dalam aplikasi fungsi tunggal, ada sedikit atau tidak ada perubahan, jadi menggunakan *PLC* dalam aplikasi fungsi tunggal tidak ada gunanya (biaya).
- c. Aspek lingkungan khususnya penanganan, lingkungan yang bersentuhan langsung dengan peralatan elektronika *PLC* dapat terkena panas dan getaran yang cukup parah, dan jika hal ini terjadi terus menerus akan mempengaruhi pengoperasian *PLC*, sehingga tidak dapat bekerja secara maksimal.
- d. Dengan rangkaian yang tidak berubah, penggunaan *PLC* lebih mahal dibandingkan unit kontrol lainnya. *PLC* lebih efisien jika program diperbarui secara berkala dalam prosesnya. (Putra, 2007)

#### **2.6.5 Pemrograman *PLC Siemens***

Modul *PLC* digunakan untuk mengontrol pemulihan batubara dengan *PLC Siemens S7-300*. *PLC Siemens S7-300* adalah *PLC* yang diproduksi oleh *SIEMENS Jerman*. *S7-300* dirancang dalam format modular untuk memungkinkan pengguna membangun sistem dengan menggabungkan komponen atau menyusun modul *S7-300*. Sistem alamat *PLC Siemens S7-300* adalah sebagai berikut:

- a. Alamat *input* pada *PLC* dimulai dari alamat I0.0 sampai I65535.7. Akan tetapi pada *PLC Siemens S7-300*, alamat yang berhubungan langsung dengan *peripheral* dimulai dari I124.0 sampai I124.7 dan I125.0 sampai dengan I125.1. Alamat-alamat yang tidak berhubungan dengan *peripheral* tersebut dapat digunakan sebagai alamat perantara.
- b. Alamat *output* dimulai dari alamat Q0.0 sampai dengan Q65535.7. Dan yang terhubung langsung dengan *peripheral* (ditampilkan di modul training) dimulai dari alamat Q124.0 sampai dengan Q124.5
- c. Alamat *Memory* yang dimiliki oleh *S7-300* ini sangatlah unik karena dapat memilih memori mana yang akan kita pakai dengan terlebih dahulu memilih spesifikasi alamat, yang meliputi *Memory area*, *address byte*-nya dan *bit number*-nya. *Memory area* pada *PLC* ada 5 macam yaitu: I, Q V dan M yang semuanya itu dapat diakses sebagai *Byte*, *Word* ataupun *Double Word*. (Putra, 2007)

*PLC Siemens* memiliki beberapa instruksi pengoperasian yang dapat membantu, misalnya saat membuat program, antara lain:

#### 1. *Bit Logic*

Instruksi *Bit logic* bekerja dengan dua keadaan, yaitu 1 atau 0. *Logic 1* menandakan aktif dan *logic 0* menandakan tidak aktif. Berikut ini macam – macam fungsi instruksi *bit logic*, yaitu sebagai berikut:

- a. *Normally open*
- b. *Normally close*
- c. *NOT*
- d. *Output Coil*
- e. *Midline Output*



- f. *Reset Coil*
- g. *Set Coil*
- 2. *Timers*
  - a. *S\_PULSE*
  - b. *S\_PEXT*
  - c. *S\_ODT*
  - d. *S\_ODTS*
  - e. *S\_OFFDT*
  - f. *Pulse Timer Coil*
  - g. *Extended Pulse Timer Coil*
- 3. *Counter*
  - a. *S\_CUD*
  - b. *S\_CD*
  - c. *S\_CU*
  - d. *Set Reset Flip Flop*

### 2.6.6 Implementasi PLC Pada Sistem Kendali

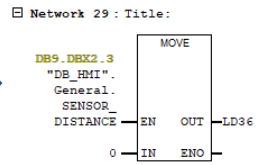
Saat merancang sistem kontrol, pendekatan sistematis diperlukan dengan menggunakan prosedur berikut:

1. Rancangan sistem kendali  
 Pada fase ini, perancang harus menentukan terlebih dahulu sistem mana yang akan dikendalikan dan proses mana yang akan diikuti. Plant dapat berupa alat mesin atau proses yang terintegrasi, sering disebut *controlled system*.
2. Penentuan *input* dan *output*  
 Pada tahap ini semua piranti masukan dan keluaran eksternal yang akan dihubungkan PLC harus ditentukan. Piranti masukan dapat berupa *saklar*, *sensor*, *valve* dan lain-lain sedangkan piranti keluaran dapat berupa *solenoid* katup elektromagnetik dan lain-lain.

(lokal)



(program)

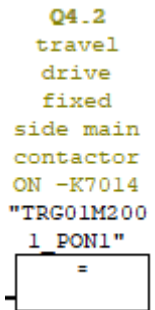


Gambar 2. 20 Piranti Masukan  
(Sumber: Dokumen Pribadi)

(lokal)



(program)

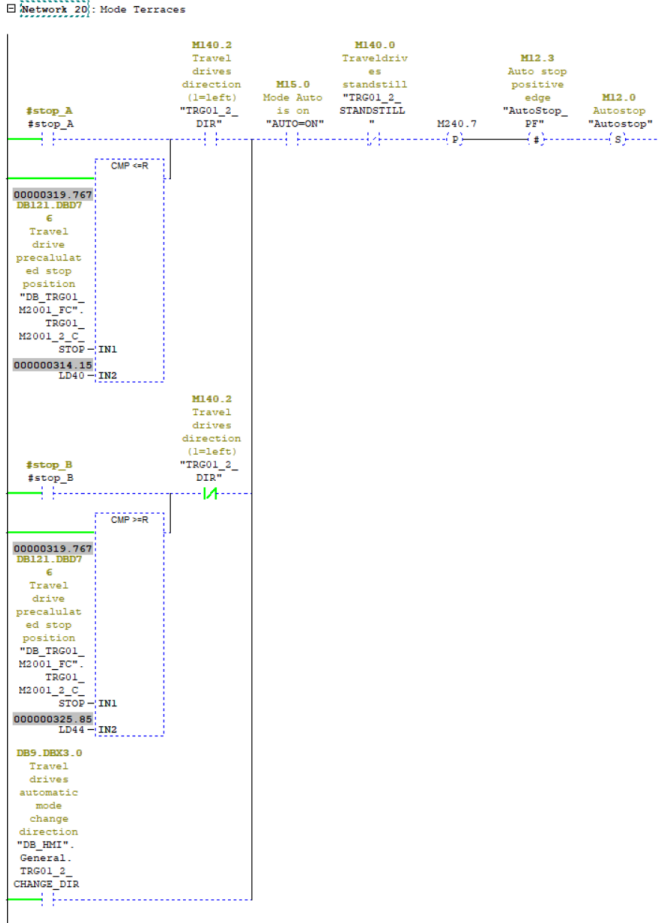


Gambar 2. 21 Piranti Keluaran  
(Sumber: Dokumen Pribadi)



#### 4. Pemrograman

Membuat program berdasarkan kebutuhan proses dengan penyesuaian kaidah pemrograman *PLC*.



Gambar 2. 23 Ladder diagram Online  
(Sumber: Dokumen Pribadi)

#### 5. Menjalankan sistem

Pada fase ini perlu dilakukan pendeteksian error satu per satu (debug) dan dilakukan pengujian secara hati-hati hingga kita yakin bahwa sistem dapat digunakan dengan aman.

*PLC* banyak digunakan dalam proses kerja yang memerlukan sistem kendali otomatis, misalnya dalam dunia industri, pada mesin industri dibutuhkan perangkat kendali yang sederhana namun dapat mengerjakan semua perintah yang digunakan untuk melakukan proses produksi, yang pastinya lebih ringkas dibanding menggunakan *relay* atau *switch* dalam jumlah yang banyak dan memerlukan ruang yang lebih.

Untuk dapat menggunakan *PLC*, cukup dengan menghubungkan sensor pada bagian *input device PLC* dan alat-alat yang dikontrol pada bagian *output device PLC*. Kemudian program yang ada dalam *PLC* akan memproses data dari masukan *input device PLC* dan outputnya akan bekerja sesuai dengan program yang dibuat dan tersimpan di dalam *memory PLC*, perangkat input dapat berupa sensor fotolistrik, tombol dan panel, sakelar batas, atau perangkat lain yang dapat menghasilkan sinyal yang dapat diterima oleh *PLC*. Perangkat keluaran dapat berupa sakelar yang mengoperasikan indikator, relai yang menyalakan motor, atau perangkat lain yang dapat dikontrol oleh sinyal keluaran *PLC*.