

OPTIMIZATION OF INTERLOCKING MAIN MOTOR VERTICAL RAW MILL ON PRODUCTION PROCESS OF PT SINAR TAMBANG ARTHALESTARI

OPTIMASI *INTERLOCKING MAIN MOTOR VERTICAL RAW MILL* TERHADAP PROSES PRODUKSI PT SINAR TAMBANG ARTHALESTARI

Abdul Rohman Rusdan Arif, Dody Wahjudi, Tri Watiningsih
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto
Kampus UNWIKU Jl.Beji Karangsalam PO BOX 185 Purwokerto 53152
Email : arif_paypal354@yahoo.co.id

ABSTRACT

In carrying out the production process continuously, various things will arise during the production process that can lead to downtime and result in production losses. Vertical Raw Mill is equipment for producing raw meal (the basic product for making clinkers) with a production capacity of 420 tons / hour. As for the Vertical Raw Mill, the milling process of raw material has been arranged to become a material with a size of 90μ and humidity $<1\%$. In order to achieve the production target in the Vertical Raw Mill area, an analysis of the causes of downtime was carried out during January 2018 to November 2018. Based on data from January 2018 to November 2018, the highest frequency of downtime was the presence of high vibration $\geq 15\text{mm/s}$ so that it caused Main Motor 10.5KV Vertical Raw Mill Trip due to interlocking with high vibration $\geq 15\text{mm/s}$. Based on the analysis of the high vibration interlocking process, if vibrations occur $\geq 15\text{mm/s}$, the Main Motor switchgear coil will be switched off. To reduce the risk of downtime, an interlocking vibration program is optimized. The aim is to summarize interlocking without removing equipment protection and is expected to increase equipment productivity and life time. After optimization and data collection during January 2019-June 2019, year-on-year evaluation results in a decrease in the frequency of downtime by 71.73% and reduce the loss of raw meal production by 61.15%.

Keyword : Raw Meal, Vibration, Vertical Raw Mill, Downtim

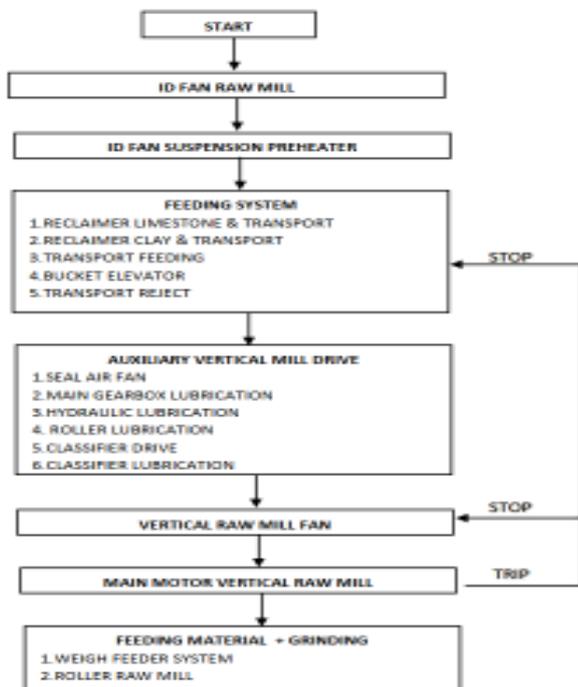
ABSTRAK

Dalam melakukan proses produksi secara berkesinambungan, maka akan timbul berbagai hal selama proses produksi berlangsung yang dapat menyebabkan *downtime* dan mengakibatkan kerugian produksi. *Vertical Raw Mill* merupakan peralatan untuk memproduksi *raw meal* (produk dasar pembuatan *clinker*) dengan kapasitas produksi 420 ton/jam. Adapun di *Vertical Raw Mill* terjadi proses penggilingan *raw material* yang sudah diatur komposisinya hingga menjadi material dengan ukuran 90μ dan kelembaban $<1\%$. Guna tercapainya target produksi di area *Vertical Raw Mill* maka dilakukan analisa penyebab *downtime* selama bulan Januari 2018 sampai November 2018. Berdasarkan data selama bulan Januari 2018 sampai November 2018, frekwensi *downtime* terbanyak yaitu adanya *high vibration* $\geq 15\text{mm/s}$ sehingga berakibat Main Motor 10,5KV Vertical Raw Mill Trip karena *interlocking* dengan *high vibration* $\geq 15\text{mm/s}$. Berdasarkan analisa proses *interlocking high vibration*, apabila terjadi vibrasi $\geq 15\text{mm/s}$ maka *coil switchgear Main Motor* akan di *switch off*. Untuk mengurangi resiko *downtime* maka dilakukan optimasi program *interlocking vibration*. Tujuannya untuk meringkas *interlocking* tanpa menghilangkan proteksi peralatan dan diharapkan meningkatkan produktifitas maupun *life time* peralatan. Setelah dilakukan optimasi dan dilakukan pengambilan data selama Januari 2019-Juni 2019, hasil evaluasi secara YoY (year-on-year) terjadi penurunan frekwensi *downtime* sebesar 71,73% dan menekan kerugian produksi *raw meal* sebesar 61,15%.

Kata Kunci : Raw Meal, Vibration, Vertical Raw Mill, Downtime

PENDAHULUAN

Dalam proses pembuatan produk semen dibutuhkan peralatan atau unit yang bertujuan menunjang keberlangsungan proses produksi secara berkelanjutan agar produksi menjadi aman serta kualitas produk terjaga. *Vertical Raw Mill* merupakan peralatan untuk memproduksi *raw meal* (produk dasar pembuatan *clinker*). Adapun di *Vertical Raw Mill* sendiri terjadi proses penggilingan *raw material* yang sudah diatur komposisinya hingga menjadi material dengan ukuran 90μ serta membuat kelembaban menjadi $<1\%$. *Vertical Raw Mill* di PT Sinar Tambang Arthalestari memiliki kapasitas produksi 420 ton per jam.



Gambar 1. 1 Flow Chart Interlocking Vertical Raw Mill terhadap Plant

Berdasarkan Gambar 1.1 *flow chart interlocking plant*, apabila terjadi *Trip Main Motor Vertical Raw Mill* maka menyebabkan *interlocking* terhadap area *feeding system* dan *vertical raw mill fan* sehingga terjadi kerugian produksi dan *downtime* yang berulang-ulang. Untuk mencapai target produksi di area *Vertical Raw Mill*, maka dilakukan analisa penyebab *breakdown* selama bulan Januari 2018 sampai November 2018. Hasil analisa selama bulan Januari 2018 sampai November 2018 dengan frekuensi terbanyak yaitu disebabkan oleh adanya *high vibration* di area *Vertical Raw Mill* sehingga solusi yang akan dilakukan yaitu merubah *interlock system protection sensor vibration* dengan *switchgear*.

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat ditentukan rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana proses menganalisa *breakdown* di *Vertical Roller Raw Mill* ?
2. Bagaimana proses-proses perubahan *interlock system protection sensor vibration* dengan *switchgear*?
3. Apakah perubahan *interlock system protection sensor vibration* dengan *switchgear* mempengaruhi proses operasi?
4. Apa dampak sebelum dan sesudah perubahan *interlock system protection sensor vibration* dengan *switchgear* ?

Diperlukan batasan masalah dalam analisa *Interlock Sensor Vibrasi Vertical Raw Mill* terhadap proses produksi PT Sinar Tambang Arthalestari. Sehingga dapat diperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan pembuatan serta membatasi masalah yang akan dibahas. Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Interlock system protection sensor vibration* dengan *switchgear* merubah *hardwire control*.
2. *Interlock system protection sensor vibration* dengan *switchgear* merubah *sequence programming control DCS*.
3. *Interlock system protection sensor vibration* dengan *switchgear* setelah dilakukan perubahan tidak menyebabkan *Trip Main Motor*
4. *Interlock system protection sensor vibration* dengan *switchgear* setelah dilakukan proses simulasi dari sisi proses tidak ada perubahan metode proses produksi.

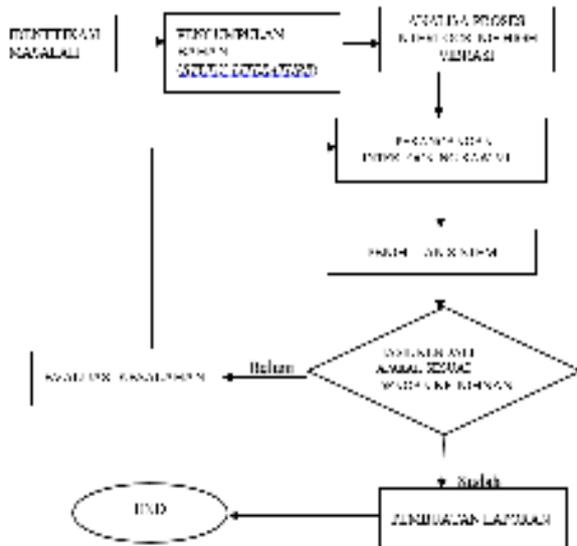
Adapun tujuan pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan efektifitas proses produksi sehingga target produksi dapat tercapai.
2. Menjaga dan menambah *life time* peralatan proses produksi karena stop peralatan.
3. Memperkecil resiko kesalahan yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja.

METODE PENELITIAN

a. Tahap Penelitian

Setelah dilakukan identifikasi pengkajian proses sinyal vibrasi, tahapan selanjutnya melakukan penelitian untuk mengoptimasi *interlocking Main Motor Vertical Raw Mill*. Tahap penelitian dilakukan secara berurutan dan disusun secara sistematis. Berikut ini garis-garis besar diagram alur penelitian.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

b. Identifikasi Masalah

Tingginya permintaan *Raw Meal* atau bahan baku untuk memproduksi *cement product* setengah jadi (*clinker product*) menuntut *Vertical Raw Mill* untuk memproduksi secara berkelanjutan dengan kapasitas desain 420 t/h. Namun disini lain *Vertical Raw Mill* memiliki beberapa masalah ketika proses produksi berlangsung sehingga terjadi *downtime* karena *high vibration* $\geq 15\text{mm/s}$.

Tabel 1. Spesifikasi Kapasitas Raw Mill

Production data	
Description	Value
Raw Material	Coconut Raw Mix
Raw Material grain size before Toesche Mill	Max. 70mm
Material Moisture (average)	Max. 7% H ₂ O
Grinding stock quality	No metallic fillings permitted, solvent-free
Throughput	420 t/h
Product grain size	< 10% R ₉₀ 0.09 mm
Product moisture	≤ 1% H ₂ O

c. Pengumpulan Bahan (Study Literature)

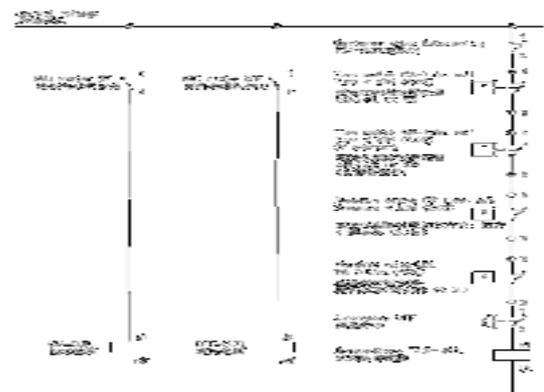
Sebagai bahan penunjang penelitian ini dibutuhkan komponen penyusun dan spesifikasi peralatan diantaranya sebagai berikut. PLC Siemens S7-300

1. PLC Siemens S7-400/PCS 7 Siemens
2. Vibrocontrol
3. Wiring diagram Switchgear

Tabel 3. 1 Spesifikasi peralatan

Perangkat	Spesifikasi	Table
Siemens S7-300	Power Supply Supply	24V/500
	CPM 343-1 S7-300 Controller S7-300	CPM
	Modul Digital	16/16
	Modul Analog	12/12
	Modul Counter	12/12
Siemens S7-400	Power Supply Supply	24V
	CPM 343-1 S7-400	CPM
	Modul Digital	16/16
	Modul Analog	12/12
	Modul Counter	12/12
Vibrocontrol	Power Supply Supply	24V/500
	CPM 343-1 S7-400	CPM
	Modul Digital	16/16
	Modul Analog	12/12
	Modul Counter	12/12
Modul Counter	12/12	

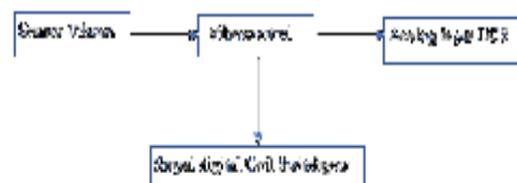
Untuk memahami proses *interlocking* sinyal digital maka diperlukan *wiring diagram* sesuai Gambar 3.2 (*wiring control switchgear*), sehingga diharapkan lebih optimal hasilnya.



Gambar 1. Wiring Switchgear

d. Analisa Proses Interlocking High Vibrasi

Untuk mengetahui lebih detail proses *interlocking high vibrasi*. Tahapan selanjutnya yaitu membuat analisa *interlocking high vibrasi* agar didapatkan hasil optimasi yang tepat. Berikut ini alur sinyal vibrasi.

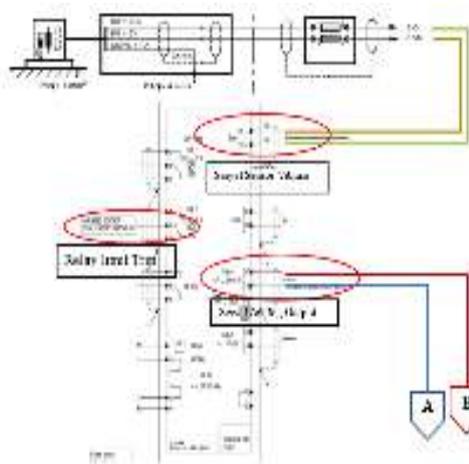


Gambar 2. Alur Sinyal Sensor Vibrasi

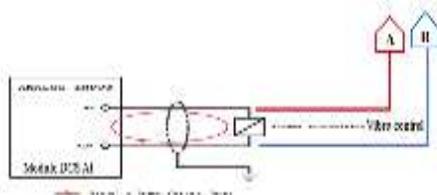
Berdasarkan Gambar 3.3 (alur sinyal sensor vibrasi), *vibrocontrol* membagi dua sinyal yaitu Analog output dan Digital Output. Jadi terdapat dua jenis *interlocking*:

1. *Interlocking hardware*
2. *Interlocking program*

Interlocking hardware merupakan jenis *interlocking* yang hanya memakai wiring/pengkawatan untuk proses sinyalnya sehingga hanya sinyal digital yang dapat diaplikasikan dengan model ini. *Interlocking program* merupakan jenis kontrol yang dibuat dengan mengolah sinyal analog 4mA-20mA memakai *software* kemudian di *scaling* dan diolah menjadi berbagai jenis *sequence control* melalui fitur *software* yang tersedia sehingga hasil yang diperoleh lebih fleksibel.



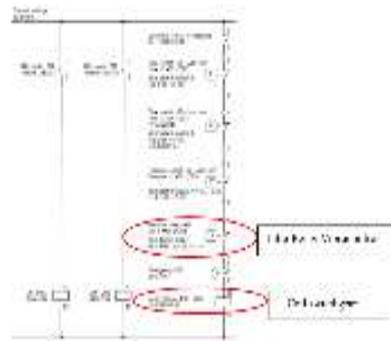
Gambar 4. Proses sinyal sensor Vibrasi



Gambar 3. Modul analog input DCS

Terlihat bahwa Gambar 3.4 (proses sinyal sensor vibrasi) dan Gambar 3.5 (modul analog input DCS) terjadi proses perubahan sinyal analog dari sensor vibrasi ke *vibrocontrol*. Tujuannya untuk mengkonversi agar sinyal mV sensor vibrasi dapat di baca oleh PLC maupun DCS. *Vibro control* memiliki sinyal *analog output* berupa nilai 4mA-20mA dan *digital output* berupa nilai 1= 24VDC, 0= 24VDC. Sinyal *analog output* dikirim dari *vibro control* ke *remote I/O analog input* DCS (*Distribution Control System*) kemudian sinyal tersebut dirubah dan di *scaling* oleh *library*

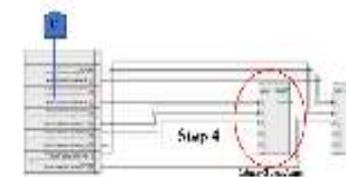
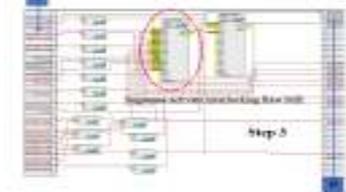
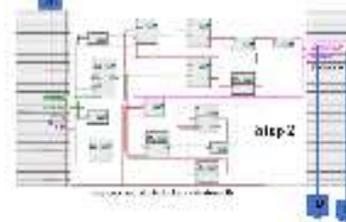
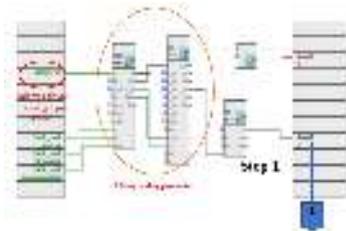
menjadiprogram yang dapat mengaktifkan *interlocking main motor raw mill*

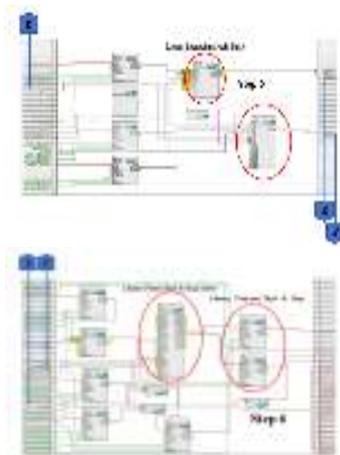


Gambar 4. Hardware switchgear

Gambar 6 (*hardware switchgear*) merupakan *wiring diagram switchgear* dan salah satu control relay NC (*Normally Close*) berasal dari *vibrocontrol*. Jadi saat sensor vibrasi mencapai $\geq 15\text{mm/s}$ maka *digital output* aktif dan relay berubah menjadi NO (*Normally Open*) sehingga mengaktifkan *coil switchgear* untuk *off*.

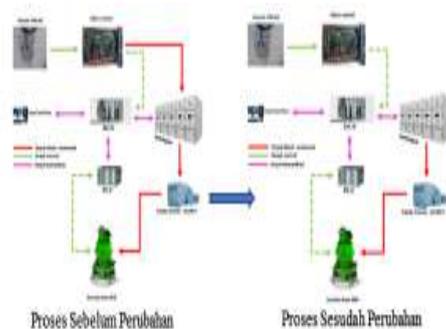
1. Program Logic CFC DCS Sebelum Perubahan





Gambar 7. Logic CFC interlocking

2. Perancangan Interlocking Raw Mill



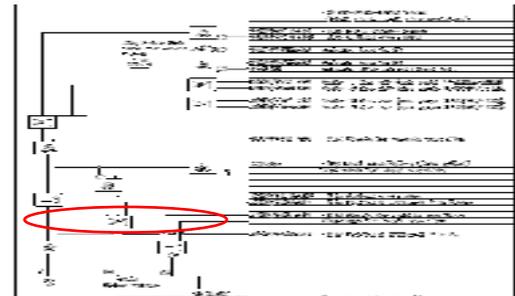
Gambar 8. Rencana optimasi

Berdasarkan Gambar 3.8 (rencana optimasi sebelum dan sesudah perubahan) perbedaannya terletak di jalur sinyal digital output dari vibrocontrol menuju ke switchgear. Sebelum perubahan dilakukan apabila terjadi vibrasi $\geq 15 \text{ mm/s}$ maka coil switchgear akan di switch off. Setelah dilakukan perubahan, jalur digital output dari vibrocontrol ke switchgear di nonaktifkan. Tujuan dinonaktifkan hardware switchgear untuk meringkas interlocking karena sinyal digital membuat switchgear langsung off dan dampak yang ditimbulkan menyebabkan berkurangnya produktifitas maupun life time peralatan. Jadi saat sensor vibrasi mencapai limit 2 ($30\% = 15 \text{ mm/s}$) maka relay 2 tidak akan aktif. cking Program Logic.

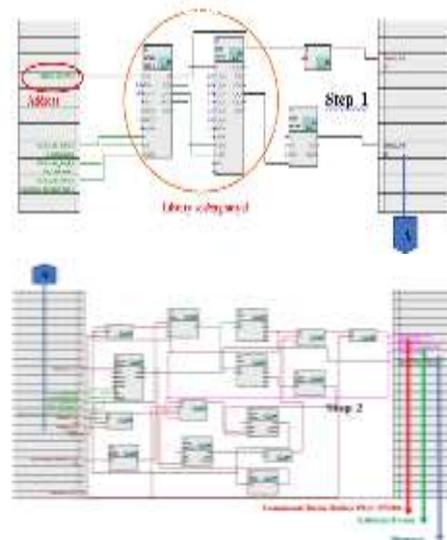
Tahap selanjutnya yaitu *sequence logic interlocking mill vibration* $< \text{max}2$ (Gambar 3.9) dipindahkan ke *interlocking sequence program logic raise roller* (Gambar 3.10). Jadi saat *high vibrasi* $\geq 15 \text{ mm/s}$ maka sinyal *command* vibrasi tidak membuat *switchgear off* tetapi mengaktifkan *program logic raise roller*, sehingga membuat *roller HSLM 1 & HSLM 2* naik dan diharapkan mengurangi vibrasi secara signifikan tanpa menyebabkan *switchgear off*.



Gambar 9. Sequence logic interlocking mill



Gambar 5. Sequence logic raise rollers



Gambar 11. Logic CFC setelah perubahan

Pada Gambar 11 Step 1 dan 2 (*logic CFC* setelah perubahan). Jika terjadi sebuah *disturbance* atau gangguan *high* vibrasi $\geq 15 \text{ mm/s}$ maka *program logic* akan membaca dua kemungkinan. Vibrasi statis yang berlangsung *continuous* selama 2 detik dan vibrasi dinamis yang terjadi berulang-ulang sebanyak 4 kali dalam rentang waktu 60 detik. Apabila salah satu sinyal tersebut aktif (vibrasi statis dan vibrasi dinamis) maka sinyal *disturbance* dikirim ke *address profibus* yang merupakan sinyal *command* ke PLC untuk mengaktifkan 4 roller naik secara bersamaan sehingga target yang diharapkan menurunkan vibrasi.

LANDASAN TEORI

1. Proses Kontrol

Dalam mempelajari proses kontrol perlu dipahami cara kerja peralatan sehingga dapat menjelaskan cara mengolah dan memproses sinyal yang terjadi. Proses yang terjadi berasal dari pengolahan sinyal besaran fisis ke besaran elektrik yang sudah di standarisasi oleh peraturan internasional sehingga *controller* dapat membaca dan mengolah sinyal-sinyal tersebut sesuai peralatan yang dipakai untuk melakukan proses sinyal *interlocking*. Adapun peralatan kontrol yang di gunakan antara lain :

1. Sensor Vibrasi
2. Vibro Controller
3. PLC (Programmable Logic Controller)
4. DCS (Distribution Control System)
5. *Switchgear*

2. Sensor Vibrasi

Sensor vibrasi yaitu suatu alat yang berfungsi untuk mendeteksi adanya getaran yang diubah ke dalam sinyal listrik. Dan yang terinstal di Vertical Raw Mill jenis sensor vibrasi *velocity*. *Sensor vibrasi velocity* dipasang bersentuhan langsung dengan benda yang akan diukur *vibrasi* nya, sensor ini berfungsi untuk mengukur getaran dari suatu alat atau mesin yang menggunakan kecepatan sebagai parameternya. Prinsip kerja *velocity* sesuai dengan hukum fisika yaitu apabila suatu konduktor atau kumparan yang dikelilingi oleh medan magnet kemudian bergerak terhadap medan magnet atau sebaliknya akan menimbulkan suatu tegangan induksi pada konduktor. Kumparan yang ada didalamnya bergerak relatif terhadap medan magnet sehingga akan menghasilkan tegangan listrik pada ujung kawat kumparan. Dengan mengolah sinyal listrik, maka getaran dapat diukur.



Gambar 12. Sensor vibrasi velocity

3. Vibro Controller

Vibro Controller merupakan alat yang berfungsi membaca dan mengkonversi nilai atau sinyal *output sensor vibrasi* ke nilai sinyal standar 4mA-20mA, sesuai standar internasional. *Vibro control* memiliki pengaturan nilai peringatan/*warning*, nilai *alarm trip* dan *relay switch* yang aktif bila nilai melebihi batas maksimal yang di ijinakan. Selanjutnya sinyal tersebut akan menonaktifkan *switchgear*.



Gambar 13. Vibro Controller

4. PLC (*Programmable Logic Controller*)

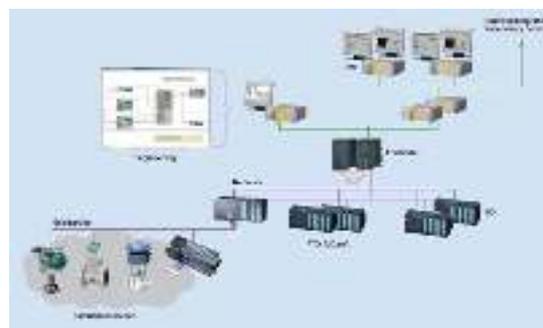
Pada tahun 1978, *National Electrical Manufactures Association* (NEMA) menetapkan *standard programmable control* (NEMA standard ICS3-1978 part ICS3-304) yang mendefinisikan PLC sebagai peralatan elektronik yang beroperasi secara *digital* dengan menggunakan memori yang dapat di program pada tempat penyimpanan internal serta instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, sekuensial, pewaktuan, dan aritmatik. Tujuannya untuk mengontrol mesin dari berbagai tipe atau suatu proses control yang meliputi modul masukan atau keluaran baik *analog* maupun *digital*.



Gambar 14. PLC Siemens S7300

5. Pengertian DCS

DCS adalah suatu kumpulan dari beberapa bagian atau komponen yang saling berinteraksi satu sama lain untuk mencapai tujuan yang sama dan merupakan suatu sistem kontrol yang berfungsi untuk mengontrol atau mengatur jalannya proses pada suatu sistem/plan dengan mendistribusikan kontrolnya. Ada juga yang mengatakan DCS adalah suatu sistem kontrol yang terdistribusi dimana komponen atau bagian-bagian dari DCS yang terdistribusi ke berbagai tempat.



Gambar 15. Arsitektur DCS Siemens

6. Switchgear

Switchgear merupakan jenis komponen hubung/pemutus yang ada dalam satu kesatuan (unit) terintegrasi sehingga dapat difungsikan sebagai penghubung, pemutus dan pelindung terhadap dua sisi rangkaian tersebut.

Berikut ini Fungsi *Switchgear* :

- Fungsi *Switching* (melalui *Circuit Breaker* atau *Load Break Switch*)
- Fungsi proteksi (*switchgear* dilengkapi dengan fuse atau relay untuk proteksi beban seperti *overcurrent*, *overload*, *reverse power*, *under/over voltage*)
- Fungsi pengukuran (*switchgear* dilengkapi dengan *power meter* untuk pengukuran besaran listrik seperti arus, tegangan, KWH, Frekwensi, *Power Factor*)
- Fungsi monitoring (*switchgear* dilengkapi dengan pilot *indicator*/fasilitas *monitoring* untuk status on atau off maupun abnormal atau *trip* melalui *remote monitoring* PLC atau DCS atau SCADA



Gambar 16. Switchgear

7. Motor Induksi

Disebut motor induksi, karena motor ini bekerja dengan adanya arus yang terinduksi sebagai akibat dari adanya perbedaan relative antara putaran rotor dengan medan magnet berputar yang dihasilkan oleh arus stator. Motor induksi ini terdiri dari dua jenis, yaitu motor induksi dengan rotor belitan dan motor induksi rotor sangkar.

8. Motor cincin seret (*slipping induction motor*)

Ciri khas motor *slipping* atau yang sering disebut motor rotor lilit adalah adanya lilitan pada rotornya yang dilengkapi dengan cincin geser (*slipping*) dan dihubungkan dengan *coal brush* ke terminal. Hal lain yang menjadi ciri pada motor ini adalah pada terminal box yang memiliki sembilan terminal. Enam terminal terhubung dengan ujung-ujung lilitan pada statornya (U1-U2, V1-V2 dan W1-W2), sedangkan tiga terminal lainnya (K-L-M) terhubung dengan lilitan pada rotornya melalui *slipping*. Ada 3 buah cincin (*slipping*) yang terhubung dengan *coal brush*.



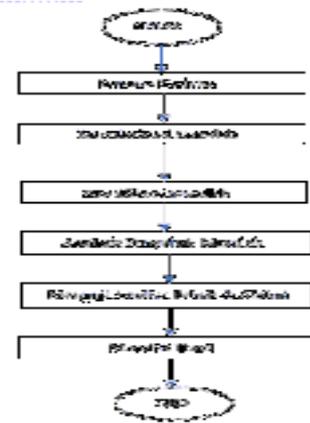
Gambar 17. Slipping pada motor induksi

Lilitan rotor yang ujungnya terminal K-L-M dihubungkan dengan resistor luar yang besarnya bisa diatur. Dengan mengatur resistor luar berarti mengatur besarnya resistor total yang merupakan jumlah resistansi rotor dan resistansi luar ($R_{rotor} + R_{luar}$), sehingga pada arus rotor dapat diatur. Ketika resistor berharga maksimum, arus rotor yang mengalir minimum, sekaligus memperbaiki faktor kerja motor. Kelebihan rotor lilit yaitu diperoleh torsi starting yang tinggi, dengan arus starting yang tetap terkendali. Umumnya motor jenis ini dirancang untuk motor-motor dengan konsumsi daya yang besar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Rencana Kegiatan

Untuk memudahkan langkah-langkah membuat sebuah rencana kegiatan. Berikut ini Diagram alir analisis dan hasil sesuai Gambar 18.



Gambar 18. Diagram Alir Analisis Dan Hasil

2. Inventarisasi Masalah

Untuk mengetahui frekwensi permasalahan yang terjadi dilakukan inventarisasi masalah mengenai terhambatnya proses produksi *Raw Meal* pada bulan Januari 2018 s/d November 2018.

Tabel 2. Inventarisasi masalah

No	Detail Masalah	Frekwensi (x)	Perbaikan (y)	Nilai Perbaikan (xy)
1	Salah satu slip ring rusak	20	2,00%	400,00
2	Salah satu terminal rusak	0	0,00%	0,00
3	Salah satu terminal terputus	4	0,00%	400,00
4	Salah satu terminal terputus	1	1,00%	100,00
5	Salah satu terminal terputus	5	0,00%	500,00
6	Salah satu terminal terputus	1	0,00%	100,00
7	Salah satu terminal terputus	4	0,00%	400,00
8	Salah satu terminal terputus	5	0,00%	500,00
9	Salah satu terminal terputus	5	0,00%	500,00
10	Salah satu terminal terputus	1	0,00%	100,00
11	Salah satu terminal terputus	1	0,00%	100,00
12	Salah satu terminal terputus	1	0,00%	100,00
13	Salah satu terminal terputus	1	0,00%	100,00
14	Salah satu terminal terputus	1	0,00%	100,00
15	Salah satu terminal terputus	1	0,00%	100,00
16	Salah satu terminal terputus	1	0,00%	100,00
17	Salah satu terminal terputus	1	0,00%	100,00
18	Salah satu terminal terputus	1	0,00%	100,00
Jumlah		50	0,00%	5000,00

a. Stratifikasi Masalah

Setelah di dapatkan hasil inventarisasi masalah, langkah selanjutnya yaitu melakukan stratifikasi masalah. Tujuan stratifikasi masalah untuk mengelompokan masalah yang muncul sehingga dapat menentukan prioritas masalah yang akan diselesaikan dan diharapkan mampu meningkatkan produksi *raw meal*.

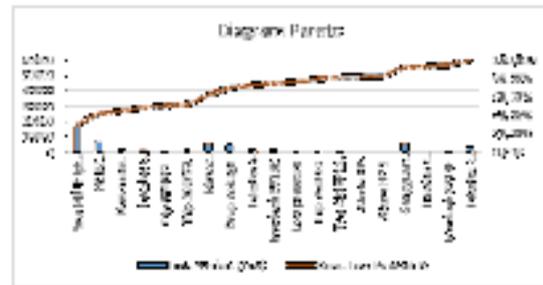
Setelah di dapatkan hasil inventarisasi masalah, langkah selanjutnya yaitu melakukan stratifikasi masalah. Tujuan stratifikasi masalah untuk mengelompokan masalah yang muncul sehingga dapat menentukan prioritas masalah yang akan diselesaikan dan diharapkan mampu meningkatkan produksi *raw meal*.

Tabel 3. Stratifikasi masalah

No	Kategori Masalah	Jumlah		Persentase (%)
		Jumlah	Rank	
1	Raw Mill High Vibration	16722	1	29,67
2	Raw Mill Temperature	6244	2	10,96
3	Raw Mill Capacity	1421	3	2,51
4	Raw Mill Lubrication	1077	4	1,89
5	Raw Mill Maintenance	975	5	1,71
6	Raw Mill Control	873	6	1,53
7	Raw Mill Safety	873	7	1,53
8	Raw Mill Efficiency	873	8	1,53
9	Raw Mill Quality	873	9	1,53
10	Raw Mill Reliability	873	10	1,53
11	Raw Mill Flexibility	873	11	1,53
12	Raw Mill Scalability	873	12	1,53
13	Raw Mill Sustainability	873	13	1,53
14	Raw Mill Innovation	873	14	1,53
15	Raw Mill Competitiveness	873	15	1,53
16	Raw Mill Profitability	873	16	1,53
17	Raw Mill Growth	873	17	1,53
18	Raw Mill Risk	873	18	1,53
19	Raw Mill Reputation	873	19	1,53
20	Raw Mill Social Responsibility	873	20	1,53
21	Raw Mill Environmental Impact	873	21	1,53
22	Raw Mill Regulatory Compliance	873	22	1,53
23	Raw Mill Industry Trends	873	23	1,53
24	Raw Mill Market Research	873	24	1,53
25	Raw Mill Customer Satisfaction	873	25	1,53
26	Raw Mill Employee Engagement	873	26	1,53
27	Raw Mill Organizational Culture	873	27	1,53
28	Raw Mill Leadership	873	28	1,53
29	Raw Mill Teamwork	873	29	1,53
30	Raw Mill Communication	873	30	1,53
31	Raw Mill Conflict Resolution	873	31	1,53
32	Raw Mill Decision Making	873	32	1,53
33	Raw Mill Problem Solving	873	33	1,53
34	Raw Mill Innovation	873	34	1,53
35	Raw Mill Creativity	873	35	1,53
36	Raw Mill Critical Thinking	873	36	1,53
37	Raw Mill Analytical Skills	873	37	1,53
38	Raw Mill Communication Skills	873	38	1,53
39	Raw Mill Teamwork Skills	873	39	1,53
40	Raw Mill Problem Solving Skills	873	40	1,53
41	Raw Mill Decision Making Skills	873	41	1,53
42	Raw Mill Innovation Skills	873	42	1,53
43	Raw Mill Creativity Skills	873	43	1,53
44	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	44	1,53
45	Raw Mill Analytical Skills	873	45	1,53
46	Raw Mill Communication Skills	873	46	1,53
47	Raw Mill Teamwork Skills	873	47	1,53
48	Raw Mill Problem Solving Skills	873	48	1,53
49	Raw Mill Decision Making Skills	873	49	1,53
50	Raw Mill Innovation Skills	873	50	1,53
51	Raw Mill Creativity Skills	873	51	1,53
52	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	52	1,53
53	Raw Mill Analytical Skills	873	53	1,53
54	Raw Mill Communication Skills	873	54	1,53
55	Raw Mill Teamwork Skills	873	55	1,53
56	Raw Mill Problem Solving Skills	873	56	1,53
57	Raw Mill Decision Making Skills	873	57	1,53
58	Raw Mill Innovation Skills	873	58	1,53
59	Raw Mill Creativity Skills	873	59	1,53
60	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	60	1,53
61	Raw Mill Analytical Skills	873	61	1,53
62	Raw Mill Communication Skills	873	62	1,53
63	Raw Mill Teamwork Skills	873	63	1,53
64	Raw Mill Problem Solving Skills	873	64	1,53
65	Raw Mill Decision Making Skills	873	65	1,53
66	Raw Mill Innovation Skills	873	66	1,53
67	Raw Mill Creativity Skills	873	67	1,53
68	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	68	1,53
69	Raw Mill Analytical Skills	873	69	1,53
70	Raw Mill Communication Skills	873	70	1,53
71	Raw Mill Teamwork Skills	873	71	1,53
72	Raw Mill Problem Solving Skills	873	72	1,53
73	Raw Mill Decision Making Skills	873	73	1,53
74	Raw Mill Innovation Skills	873	74	1,53
75	Raw Mill Creativity Skills	873	75	1,53
76	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	76	1,53
77	Raw Mill Analytical Skills	873	77	1,53
78	Raw Mill Communication Skills	873	78	1,53
79	Raw Mill Teamwork Skills	873	79	1,53
80	Raw Mill Problem Solving Skills	873	80	1,53
81	Raw Mill Decision Making Skills	873	81	1,53
82	Raw Mill Innovation Skills	873	82	1,53
83	Raw Mill Creativity Skills	873	83	1,53
84	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	84	1,53
85	Raw Mill Analytical Skills	873	85	1,53
86	Raw Mill Communication Skills	873	86	1,53
87	Raw Mill Teamwork Skills	873	87	1,53
88	Raw Mill Problem Solving Skills	873	88	1,53
89	Raw Mill Decision Making Skills	873	89	1,53
90	Raw Mill Innovation Skills	873	90	1,53
91	Raw Mill Creativity Skills	873	91	1,53
92	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	92	1,53
93	Raw Mill Analytical Skills	873	93	1,53
94	Raw Mill Communication Skills	873	94	1,53
95	Raw Mill Teamwork Skills	873	95	1,53
96	Raw Mill Problem Solving Skills	873	96	1,53
97	Raw Mill Decision Making Skills	873	97	1,53
98	Raw Mill Innovation Skills	873	98	1,53
99	Raw Mill Creativity Skills	873	99	1,53
100	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	100	1,53

Tabel 4. Tabel analisis pareto

No	Kategori Masalah	Jumlah		Persentase (%)
		Jumlah	Rank	
1	Raw Mill High Vibration	16722	1	29,67
2	Raw Mill Temperature	6244	2	10,96
3	Raw Mill Capacity	1421	3	2,51
4	Raw Mill Lubrication	1077	4	1,89
5	Raw Mill Maintenance	975	5	1,71
6	Raw Mill Control	873	6	1,53
7	Raw Mill Safety	873	7	1,53
8	Raw Mill Efficiency	873	8	1,53
9	Raw Mill Quality	873	9	1,53
10	Raw Mill Reliability	873	10	1,53
11	Raw Mill Flexibility	873	11	1,53
12	Raw Mill Scalability	873	12	1,53
13	Raw Mill Sustainability	873	13	1,53
14	Raw Mill Innovation	873	14	1,53
15	Raw Mill Competitiveness	873	15	1,53
16	Raw Mill Profitability	873	16	1,53
17	Raw Mill Growth	873	17	1,53
18	Raw Mill Risk	873	18	1,53
19	Raw Mill Reputation	873	19	1,53
20	Raw Mill Social Responsibility	873	20	1,53
21	Raw Mill Environmental Impact	873	21	1,53
22	Raw Mill Regulatory Compliance	873	22	1,53
23	Raw Mill Industry Trends	873	23	1,53
24	Raw Mill Market Research	873	24	1,53
25	Raw Mill Customer Satisfaction	873	25	1,53
26	Raw Mill Employee Engagement	873	26	1,53
27	Raw Mill Organizational Culture	873	27	1,53
28	Raw Mill Leadership	873	28	1,53
29	Raw Mill Teamwork	873	29	1,53
30	Raw Mill Communication	873	30	1,53
31	Raw Mill Conflict Resolution	873	31	1,53
32	Raw Mill Decision Making	873	32	1,53
33	Raw Mill Innovation	873	33	1,53
34	Raw Mill Creativity	873	34	1,53
35	Raw Mill Critical Thinking	873	35	1,53
36	Raw Mill Analytical Skills	873	36	1,53
37	Raw Mill Communication Skills	873	37	1,53
38	Raw Mill Teamwork Skills	873	38	1,53
39	Raw Mill Problem Solving Skills	873	39	1,53
40	Raw Mill Decision Making Skills	873	40	1,53
41	Raw Mill Innovation Skills	873	41	1,53
42	Raw Mill Creativity Skills	873	42	1,53
43	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	43	1,53
44	Raw Mill Analytical Skills	873	44	1,53
45	Raw Mill Communication Skills	873	45	1,53
46	Raw Mill Teamwork Skills	873	46	1,53
47	Raw Mill Problem Solving Skills	873	47	1,53
48	Raw Mill Decision Making Skills	873	48	1,53
49	Raw Mill Innovation Skills	873	49	1,53
50	Raw Mill Creativity Skills	873	50	1,53
51	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	51	1,53
52	Raw Mill Analytical Skills	873	52	1,53
53	Raw Mill Communication Skills	873	53	1,53
54	Raw Mill Teamwork Skills	873	54	1,53
55	Raw Mill Problem Solving Skills	873	55	1,53
56	Raw Mill Decision Making Skills	873	56	1,53
57	Raw Mill Innovation Skills	873	57	1,53
58	Raw Mill Creativity Skills	873	58	1,53
59	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	59	1,53
60	Raw Mill Analytical Skills	873	60	1,53
61	Raw Mill Communication Skills	873	61	1,53
62	Raw Mill Teamwork Skills	873	62	1,53
63	Raw Mill Problem Solving Skills	873	63	1,53
64	Raw Mill Decision Making Skills	873	64	1,53
65	Raw Mill Innovation Skills	873	65	1,53
66	Raw Mill Creativity Skills	873	66	1,53
67	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	67	1,53
68	Raw Mill Analytical Skills	873	68	1,53
69	Raw Mill Communication Skills	873	69	1,53
70	Raw Mill Teamwork Skills	873	70	1,53
71	Raw Mill Problem Solving Skills	873	71	1,53
72	Raw Mill Decision Making Skills	873	72	1,53
73	Raw Mill Innovation Skills	873	73	1,53
74	Raw Mill Creativity Skills	873	74	1,53
75	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	75	1,53
76	Raw Mill Analytical Skills	873	76	1,53
77	Raw Mill Communication Skills	873	77	1,53
78	Raw Mill Teamwork Skills	873	78	1,53
79	Raw Mill Problem Solving Skills	873	79	1,53
80	Raw Mill Decision Making Skills	873	80	1,53
81	Raw Mill Innovation Skills	873	81	1,53
82	Raw Mill Creativity Skills	873	82	1,53
83	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	83	1,53
84	Raw Mill Analytical Skills	873	84	1,53
85	Raw Mill Communication Skills	873	85	1,53
86	Raw Mill Teamwork Skills	873	86	1,53
87	Raw Mill Problem Solving Skills	873	87	1,53
88	Raw Mill Decision Making Skills	873	88	1,53
89	Raw Mill Innovation Skills	873	89	1,53
90	Raw Mill Creativity Skills	873	90	1,53
91	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	91	1,53
92	Raw Mill Analytical Skills	873	92	1,53
93	Raw Mill Communication Skills	873	93	1,53
94	Raw Mill Teamwork Skills	873	94	1,53
95	Raw Mill Problem Solving Skills	873	95	1,53
96	Raw Mill Decision Making Skills	873	96	1,53
97	Raw Mill Innovation Skills	873	97	1,53
98	Raw Mill Creativity Skills	873	98	1,53
99	Raw Mill Critical Thinking Skills	873	99	1,53
100	Raw Mill Analytical Skills	873	100	1,53



Gambar 19. Diagram Pareto

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.2 disimpulkan bahwa sebanyak 70,33% lost product raw meal timbul karena alarm raw mill high vibration sebesar 29,67% dari total lost product sebesar 56.504 Ton raw meal.

b. Menganalisis Penyebab Masalah

Setelah didapatkan penyebab masalah, maka untuk menganalisa penyebab terjadinya raw mill high vibration dengan menggunakan Fishbone Diagram (Diagram Tulang Ikan) dikatakan Fishbone Diagram karena bentuknya menyerupai kerangka tulang ikan atau disebut juga Cause and Effect Diagram karena yang pertama memperkenalkan Cause and Effect Chart ini adalah Prof. Kaoru Ishikawa dari Universitas Tokyo di tahun 1953. Berikut ini hasil analisa faktor-faktor penyebab yang berpotensi dapat menimbulkan raw mill high vibration.

#	Tingkat keparahan > 0-100%	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0	1,0	L
10	Temperatur ruangan yang tidak sesuai	2	1	2	2	1	2	2	2	2,0	2,0	L
11	Material kasar	3	3	3	1	1	1	8	2	1,7	1,7	L
12	Size material tidak sesuai	2	3	2	2	3	3	7	9	2,3	3,8	M
13	Jumlah material yang tidak sesuai dalam Vertical Mill	3	3	3	4	3	4	12	13	4,0	4,3	E
14	Metode kalibrasi gap roller yang tidak sesuai	3	4	3	4	4	4	10	12	3,5	4,8	E

$$\Sigma x = L_1 + L_2 + L_3$$

$$\Sigma y = S_1 + S_2 + S_3$$

$$\bar{X}_a = \frac{\Sigma x}{n}$$

$$\bar{X}_b = \frac{\Sigma y}{n}$$

E1: Likelihood Nilai peluang berdasarkan penilaian karyawan 1
 E2: Likelihood Nilai peluang berdasarkan penilaian karyawan 2
 E3: Likelihood Nilai peluang berdasarkan penilaian karyawan 3
 S1: Severity Nilai keparahan berdasarkan penilaian karyawan 1
 S2: Severity Nilai keparahan berdasarkan penilaian karyawan 2
 S3: Severity Nilai keparahan berdasarkan penilaian karyawan 3
 Σ: Total nilai Likelihood Nilai peluang
 Σ: Total nilai severity Nilai keparahan
 \bar{X}_a : Rata-rata nilai Likelihood Nilai peluang
 \bar{X}_b : Rata-rata nilai Likelihood Nilai keparahan

✓ Evaluasi	Mengatur jumlah <i>feeding material</i> dan menjaga parameter roses, Review ulang <i>interlock sensor vibrasi Vertical Raw Mill</i>
✓ Analisa	Relevan

Tabel 10. Feeding Material dengan Δp saat Grinding

No	Feeding (kg)	Δp (bar)	Δp	V ²	Σ V ²
1	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
2	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
3	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
4	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
5	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
6	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
7	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
8	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
9	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
10	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
11	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
12	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
13	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
14	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
15	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
16	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
17	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
18	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
19	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
20	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
21	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
22	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
23	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
24	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
25	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
26	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
27	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
28	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
29	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
30	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
31	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
32	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
33	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
34	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
35	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
36	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
37	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
38	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
39	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
40	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
41	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
42	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
43	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
44	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
45	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
46	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
47	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
48	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00
49	20,0	90,0	2000,0	8100,0	2000,00
50	30,0	70,0	1000,0	4900,0	3000,00

Berdasarkan penilaian risk assessment matrix terhadap 14 penyebab masalah diperoleh tiga penyebab yang masuk kategori Extreme.

1. Jumlah material yang tidak sesuai
2. Jarak Roller dengan Table <15mm saat Grinding
3. Metode kalibrasi gap roller yang tidak sesuai

Setelah diketahui penyebab yang termasuk kategori extreme maka langkah selanjutnya adalah menguji penyebab utama tersebut apakah relevan atau tidak relevan.

4. Menguji Analisa Sebab Dan Akibat Analisa Sebab Dan Akibat Jumlah Material Yang Tidak Sesuai

Berikut hasil uji sebab dan akibat jumlah Material yang tidak sesuai :

1. Untuk melengkapi hasil uji sebab dan akibat, berikut ini merupakan data pengambilan sampling sebagai bahan pendukung.
2. Menguji hubungan feeding material dengan Δp (Perbedaan Pressure Inlet dan Outle saat Grinding Mode.
3. Menguji hubungan Δp dengan vibrasi saat Grinding Mode.

Tabel 9. Kesimpulan Analisa Sebab Dan Akibat I

✓ Faktor	Material
✓ Sebab	Jumlah raw material tidak sesuai di dalam Vertical Mill
✓ Akibat	High Vibration >15mm/s sehingga Main Motor Vertical Raw Mill Trip
✓ Fakta Pendukung	Saat terlalu banyak material, Roller tidak bisa menghaluskan dan beban table berat berakibat <i>high vibrasi</i> sebaliknya ketika jumlah material sedikit dengan ketinggian material >15mm, maka <i>roller</i> akan menekan table sehingga dapat terjadi <i>high Vibrasi</i>

Uji Koefisien Korelasi

Uji koefisien korelasi atau r ialah pengukuran statistik antara dua variabel. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak.

Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel, menurut Sarwono (2006):

- 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- >0,25 : Korelasi sangat lemah
- >0,25-0,5 : Korelasi cukup
- >0,5-0,75 : Korelasi kuat
- >0,75-0,99 : Korelasi sangat kuat
- 1 : Korelasi sempurna

$$r = \frac{n \Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\sqrt{(n \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2)(n \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2)}}$$

$$r = \frac{(19 \times 588.812,05) - (7417,7 \times 1508,2)}{\sqrt{(19 \times 2.896.230,01) - 55.022.273,29} \times \sqrt{(19 \times 119.719,48) - 2.274.667,24}}$$

$$r = \frac{694}{\sqrt{59,64}}$$

$$r = \frac{59,81}{132,510}$$

$$r = 0,4060$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai $r = 0,406$ artinya variabel X dan variabel Y mempunyai hubungan korelasi positif atau searah, dimana kenaikan nilai variabel X juga akan diikuti oleh kenaikan variabel Y. Disimpulkan bahwa nilai 0,406 menunjukkan bahwa korelasi antara feeding material dengan Δp kategori cukup.

Uji Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi atau r^2 adalah salah satu bagian dari analisis regresi linear berganda ataupun regresi sederhana yang digunakan untuk mengukur kemampuan variabel independen dalam menjelaskan variabel dependen. Nilai koefisien determinasi berkisar antara 0 sampai 1. Apabila nilai koefisien determinasi mendekati 1 artinya pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen semakin kuat dan sebaliknya apabila nilai koefisien determinasi mendekati 0 maka pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen semakin lemah (Nawari,2010).

$$r^2 = \frac{((n)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y))^2}{(n(\sum X^2) - (\sum X)^2)(n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2)}$$

$$r^2 = \frac{((19 \times 588.812,05) - (7.417,7 \times 1.508,2))^2}{(19 \times 2.896.230,01) - 55.022.273,29} \times ((19 \times 119.719,48) - 2.274.667,24)$$

$$r^2 = \frac{2.895,52}{17.559,07}$$

$$r^2 = 0,1649$$

Menentukan Persamaan Regresi Linear

Tujuan utama melakukan menentukan persamaan regresi linear adalah untuk membuat prediksi (ramalan) dengan menggunakan persamaan regresi linear sederhana $Y = a + b X$

$$b = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{(19 \times 588.812,05) - (7.417,7 \times 1.508,2)}{(19 \times 2.896.230,01) - 55.022.273,29}$$

$$b = \frac{53,81}{6096,90}$$

$$b = 0,088$$

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

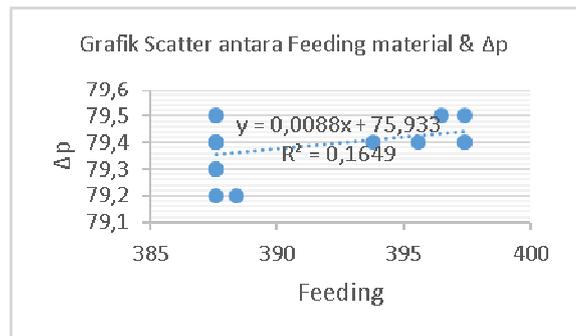
$$= \frac{(1.508,2 \times 2.896.230,01) - (7.417,7 \times 5.88.812,05)}{(19 \times 2.896.230,01) - 55.022.273,29}$$

$$a = \frac{462.957,80}{6.096,9}$$

$$a = 75,933$$

Jadi persamaan regresi linear $y=0,0088x+75,933$

Y = variable dependen
a = konstanta
b = koefisien variable X



Gambar 21. Diagram scatter uji hubungan

5. Menguji Hubungan Δp dengan Vibrasi saat Grinding Mode

Tabel 11. Hubungan Δp dengan Vibrasi

u	X	Y	X²	Y²	XY
	Dalam (mm)	Radasi (mm)			
1	385	79,2	148225	6272,4	30492
2	386	79,2	148916	6272,4	30571
3	387	79,3	149689	6288,09	30706
4	388	79,3	150544	6288,09	30816
5	389	79,4	151321	6304,36	30977
6	390	79,4	152100	6304,36	31104
7	391	79,5	152881	6320,25	31221
8	392	79,5	153664	6320,25	31344
9	393	79,6	154449	6336,96	31464
10	394	79,6	155236	6336,96	31591
11	395	79,7	156025	6352,09	31717
12	396	79,7	156816	6352,09	31844
13	397	79,8	157609	6367,44	31971
14	398	79,8	158404	6367,44	32104
15	399	79,9	159201	6382,01	32231
16	400	79,9	160000	6382,01	32364
Σ	6354	1278	249544	64011,64	327704
Σ²	262636	163444	6200000	4100000	1070000

Uji koefisien korelasi atau r

$$r = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2)(n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

$$= \frac{327704 - 6354 \times 1278}{\sqrt{(262636 - 4026816)(163444 - 163444)}}$$

$$= \frac{6,94}{\sqrt{53,64}}$$

$$r = \frac{6,94}{7,32}$$

$$r = 0,947005$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai $r = 0,947005$ artinya variabel X dan variabel Y mempunyai hubungan korelasi positif atau searah, dimana kenaikan nilai variabel X juga akan diikuti oleh kenaikan variabel Y. Disimpulkan bahwa nilai 0,947005 menunjukkan bahwa korelasi antara feeding material dengan Δp kategori sangat kuat.

Uji koefisien determinasi atau r^2

$$r^2 = \frac{(n \sum XY) - (\sum X)(\sum Y)^2}{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}$$

$$r^2 = \frac{(13 \times 81.861,54) - (1.064 \times 198,56) \times ((13 \times 12.172,62) - 23.528,49)}{(13 \times 81.861,54) - (1.064 \times 198,56) \times ((13 \times 12.172,62) - 23.528,49)}$$

$$r^2 = \frac{48,11}{53,64}$$

$$r^2 = 0,8968$$

Berdasarkan hasil perhitungan uji koefisien determinasi nilai $r^2 = 0,8968$, artinya variabel independen atau X sangat mempengaruhi variabel dependen atau Y sehingga korelasi hubungan signifikan.

Menentukan persamaan regresi linear

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{(13 \times 12.172,62) - (1.031,6 \times 153,39)}{(13 \times 81.861,54) - (1.064 \times 198,56)}$$

$$b = \frac{6,936}{1,46}$$

$$b = 4,705$$

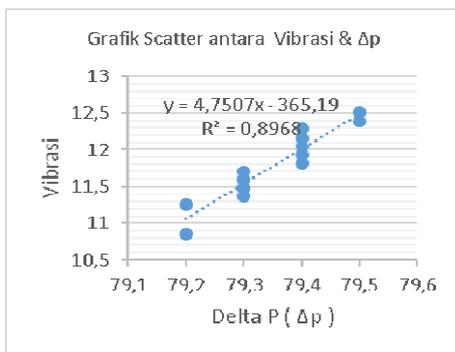
$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{(153,39 \times 81.861,54) - (1.031,6 \times 12.172,62)}{(13 \times 81.861,54) - (1.064 \times 198,56)}$$

$$a = \frac{-533,171}{1,46}$$

$$a = -365,186$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan persamaan regresi linear sebagai berikut yaitu $y = 4,7507x - 365,186$
 Y = variable dependen
 a = konstanta
 b = koefisien variable X
 X = variable independen



Gambar 22. Scatter diagram vibrasi & Δp

Berdasarkan grafik scatter diagram menunjukkan korelasi positif, sehingga disimpulkan bahwa semakin besar Δp maka vibrasi *Vertical Raw Mill* semakin besar, sebaliknya ketika Δp kecil maka vibrasi *Vertical Raw Mill* semakin kecil.

Analisa Sebab Dan Akibat Jarak Roller dengan Table <15mm saat Grinding Mode

Berikut hasil uji sebab dan akibat Jarak Roller dengan Table <15mm saat Grinding Mode :

Tabel 12. Kesimpulan analisa sebab dan akibat II

✓ Faktor	Mesin
✓ Sebab	Jarak Roller dengan Table <15mm saat Grinding
✓ Akibat	Roller akan full keep raised tanpa membuat Vertical Raw Mill Trip
✓ Fakta Pendukung	Ketika terjadi material tidak rata di dalam Vertical Mill dan temperature outlet mill >90°C mengakibatkan roller dapat langsung menekan dan menyentuh table tetapi tidak berpotensi vibrasi karena roller full keep raised oleh interlock roller <15mm
✓ Evaluasi	Mengatur jumlah feeding material dan menjaga parameter proses terutama temperature outlet 80-85°C dan Delta P (Δp)
✓ Analisa	Tidak Relevan

Analisa Sebab Dan Akibat Metode Kalibrasi Gap Roller Tidak Sesuai

Berikut hasil uji sebab dan akibat Metode kalibrasi gap roller yang tidak sesuai :

Tabel 13. Kesimpulan analisa Sebab dan Akibat III

✓ Faktor	Metode
✓ Sebab	Metode kalibrasi gap roller yang tidak sesuai
✓ Akibat	Safety roller terhadap table tidak akurat dapat berpotensi terjadi vibrasi ketika jarak roller dengan Table aktual sebenarnya <15mm saat Grinding tetapi di control room terbaca >15mm sehingga menimbulkan vibrasi sedangkan parameter proses sudah sesuai.
✓ Fakta Pendukung	Setiap Inspeksi per 2 bulan dilakukan pengambilan data eror gap roller dan kalibrasi dilakukan apabila tingkat eror >0,5%. Inspeksi dan kalibrasi dilakukan sesuai SOP
✓ Evaluasi	Frekwensi Inspeksi di perpendek dan dilakukan saat Vertical Raw Mill Stop Normal selama minimal 8 jam.
✓ Analisa	Tidak Relevan

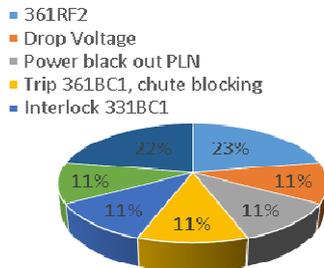
6. Meneliti Hasil Perbaikan

Untuk mengetahui dan mengevaluasi hasil optimasi Vertical Raw Mill, maka dilakukan pengambilan data *downtime* berdasarkan *check sheet* selama bulan Januari 2019 sampai dengan Juni 2019.

Tabel 14. Inventarisasi Masalah Januari -Juni

No	Alarm	Jumlah	Total Durasi
1	HSLM Disturbance	4	7:34:00
2	361RF2 low speed	2	09:46:00
3	Drop Voltage	1	01:17:00
4	Power black out PLN	1	07:35:00

5	Trip 361BC1, chute blocking	1	02:01:00
6	Interlock 331BC1	1	01:05:00
7	361MD1 interlocking output mill 150	1	01:23:00
8	361MD1 Trip Liquid Gagal Start	2	02:18:00

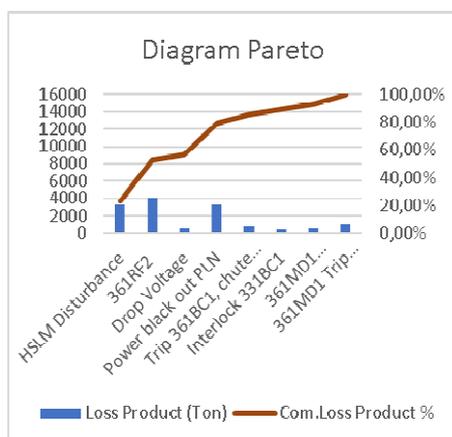


Gambar 23. Diagram Pie

Berdasarkan inventarisasi masalah selama Januari 2019-Juni 2019 terdapat 8 penyebab *downtime* dan selanjutnya menuangkan dalam bentuk *diagram pareto*.

Tabel 15. Analisa pareto Januari -Juni 2019

Alarm	Total Durasi	Loss Product (Ton)	Com. Loss Product (ton)	Loss Product %	Com. Loss Product %
HSLM Disturbance	7:34:00	3178	3178	22,94%	23%
361RF2 low speed	09:46:00	4102	7280	29,61%	53%
Drop Voltage	01:17:00	539	7819	3,89%	56%
Power black out PLN	07:35:00	3185	11004	22,99%	79%
Trip 361BC1, chute blocking	02:01:00	847	11851	6,11%	86%
Interlock 331BC1	01:05:00	455	12306	3,28%	89%
361MD1 interlocking output mill 150°C	01:23:00	581	12887	4,19%	93%
361MD1 Trip Liquid Gagal Start	02:18:00	966	13853	6,97%	100%
Total	32:59:00	13853		100%	



Gambar 24. Diagram Pareto Januari 2019 -Juni 2019

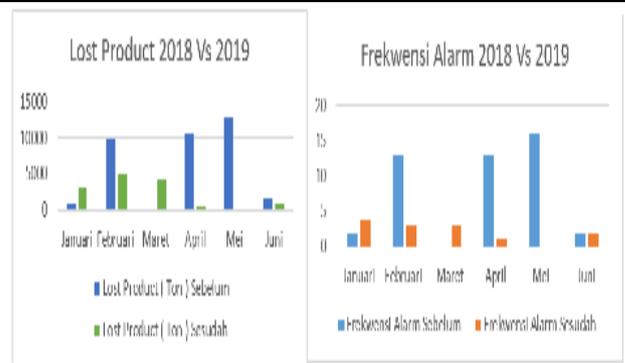
Berdasarkan check sheet masalah dan diagram pareto disimpulkan telah terjadi *lost product Raw Meal* sebesar **13.853 Ton** selama bulan Januari 2019 sampai dengan Juni 2019 dan 77,06 % *lost product* timbul akibat HSLM *disturbance* sebesar 22,94%.

6.1. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Setelah dilakukan perbaikan dan evaluasi selama 6 bulan dari Januari 2019 sampai dengan Juni 2019. berikut ini perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan :

Tabel 16. Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Bulan	Frekwensi Alarm		Durasi (menit)		Lost Product (Ton)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Januari	2	4	137	457	959	3.199
Februari	13	3	1.387	704	9.709	4.928
Maret	Stop Plant	3	Stop Plant	597	Stop Plant	4.179
April	13	1	1.523	83	10.661	581
Mei	16	No alarm	1.842	No Alarm	12.894	No Alarm
Juni	2	2	205	138	1.435	966
Total	46	13	5.094	1.979	35.658	13.853



Gambar 25. Grafik Perbandingan selama bulan Januari – Juni

Berdasarkan perbandingan data *downtime* antara bulan Januari 2018 - Juni 2018 dengan Januari 2019 - Juni 2019 diketahui bahwa terjadi penurunan jumlah frekwensi alarm sebesar 71,73% atau 33 alarm hilang dan penurunan *lost time* serta *lost product* sebesar 61,15% ekuivalen dengan menghilangkan kegagalan produksi sebesar 21.805 ton *raw meal*.

KESIMPULAN

Dari uraian di atas, dapat diambil beberapa kesimpulan berikut ini :

1. Hasil evaluasi sebelum optimasi selama Januari 2018 s/d Juni 2018 dan setelah dilakukan optimasi berdasarkan laporan Januari 2019 s/d Juni 2019 berhasil

- menghilangkan *Lost product* sebesar 21.805 ton *raw meal* atau sebesar 61,15%.
2. Hasil laporan secara *year-on-year* selama kuartal 1 dan kuartal 2 tahun 2018 dan 2019 setelah dilakukan optimasi terjadi penurunan jumlah frekwensi *alarm trip* Main Motor Vertical Raw Mill sebesar 71.73% atau 33 alarm hilang sehingga *life time* peralatan produksi lebih lama.
 3. Berdasarkan hasil evaluasi terjadi penurunan *downtime* sebesar 61,15% dan frekwensi *alarm trip* Main Motor Vertical Raw Mill sebesar 71.73% sehingga ikut menurunkan potensi kecelakaan kerja karena proses produksi yang terkendali dan berkelanjutan.
1. Ketika *roller* sudah *full raised*, untuk membuat *roller* turun otomatis saat mode auto belum bisa diintegrasikan, dikarenakan *feedback differential pressure inlet* dan *outlet Raw Mill* belum di dapatkan data yang sesuai.
 2. Belum ada data ketika terjadinya kegagalan apabila *roller HSLM* gagal *full raised* selama Januari 2019 - Juni 2019 sehingga proses optimasi masih bisa dilakukan bila proses *interlocking* mengalami kegagalan.
 3. Berdasarkan data setelah perbaikan sesuai tabel pareto dan diagram pareto, terjadi *lost product Raw Meal* sebesar 13.853 Ton selama bulan Januari 2019 sampai dengan Juni 2019 dan 77,06 % *lost product* timbul akibat *HSLM disturbance* sebesar 22,94%. Maka untuk meningkatkan hasil optimasi tindakan selanjutnya yaitu menghilangkan atau mengurangi *HSLM disturbance*.

SARAN

Proses optimasi *interlocking* main motor raw mill terhadap proses produksi PT Sinar Tambang Arthalestari dapat dilakukan dengan beberapa cara :

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Tosepu, Yusrin. *Hukum Pareto Yang Dapat Diterapkan Dalam Seluruh Sendi Kehidupan*. Diambil tanggal 13 Januari 2020 dari https://www.academia.edu/37650146/Hukum_Pareto_yang_dapat_diterapkan_dalam_seluruh_sendi_kehidupan
- Andrico 2016. *Analisa Motor Penggerak Cable Reel Pada Stacker Reclaimer PT. Bukit Asam (Persero) Tbk Tanjung Enim*. Diambil tanggal 5 Juli 2019 dari <http://eprints.polsri.ac.id/3250/3/BAB%202.pdf>
- Coccia, Mario 2017. *The Fishbone Diagram To Identify, Systematize And Analyze The Sources Of General Purpose Technologies*. Diambil 8 Oktober 2019 https://www.researchgate.net/publication/322526380_The_Fishbone_diagram_to_identify_systematize_and_analyze_the_sources_of_general_purpose_technologies
- Ella, Pamella. 2016. Makalah Switchgear. Diambil 5 Juli 2019 dari https://kupdf.net/download/makalah-switchgear_59fbb4fae2b6f5c36dbfa537_pdf#
- Friendly, Michael dan Daniel Denis. 2005. *The Early Origins And Development Of The Scatterplot*. Diambil 6 September 2019 dari https://www.researchgate.net/publication/7923211_The_Early_Origins_and_Development_of_the_Scatterplot
- Loesche LM56.4 RM. 2013. *Interlocking Diagram*. Jakarta: Loesche LM 56.4 RM.
- Loesche LM56.4 RM . 2005. *Scheme Hydraulic*. Jakarta: Loesche LM56.4 RM.
- Loesche LM56.4 RM. 2006. *Hydraulic Control Starting Sequence*. Jakarta: Loesche LM 56.4 RM.
- Lutfi, Muhammad. 2017. *Pintu Pagar Otomatis Dan Dilengkapi Sistem Keamanan (Kontrol Motor)*. Diambil 5 Juli 2019 dari <http://eprints.polsri.ac.id/4613/3/FILE%20III.pdf>
- Madill, Ken. 2003. *AS/NZS 4360:1999 Risk Management*. Diambil 5 September 2019 dari http://www.epsonet.eu/mediapool/72/723588/data/2017/AS_NZS_4360-1999_Risk_management.pdf
- Setyo, Negoro. Materi Kuliah DCS. Diambil 6 Juli 2019 dari <https://www.scribd.com/doc/65620779/Materi-Kuliah-DCS>
- Siddiqui, Habib. 2015. *A Second Look at the Pareto Principle*. Diambil 8 Juli 2019 https://www.researchgate.net/publication/275463379_A_Second_Look_at_the_Pareto_Principle
- Taufik Taufik, Wahyuni Putri. 2016. *Perancangan Prototype Early Warning System pada Kontrol On/Off Belt Conveyor Menggunakan PLC Siemens S7-300*. Diambil tanggal 4 Juli 2019. <http://josi.ft.unand.ac.id/index.php/josi/article/view/22>
- Triwiyatno, Aris. 2011. *Sistem Skala Besar*. Diambil tanggal 6 Juli 2019 dari <http://aristriwiyatno.blog.undip.ac.id/files/2011/10/DCS-Applicationmiring>), penyelenggara, waktu, tempat.(ditulis tegak).