

## **PENAMBAHAN PROGRAM INTERLOCK DARI SENSOR VIBRASI KE *DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM* CEMENT MILL TUBAN PLANT SEBAGAI SAFETY DEVICE**

**Aditya Iqbal Mubarak<sup>1\*</sup>, Ardika Nurahmawati<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya

Jl. Sutorejo No. 59, Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup> Teknik Kimia UPN Veteran Jawa Timur

Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya, Indonesia

\*email : adityamubarak@gmail.com

(Received: 23-01-2025; Reviewed: 27-01-2025; Accepted: 01-02-2025)

### **Abstrak**

*Cement Mill* merupakan tempat proses penggilingan terakhir semen. *Cement Mill* di Pabrik Tuban menggunakan tipe *Vertical Roller Cement Mill* yang merupakan produk dari Loesche. Salah satu paramtere penting yang perlu diperhatikan adalah vibrasi. Kecepatan vibrasi yang tinggi dapat merusak suatu equipment sehingga harus dibatasi mengacu pada *manual book* dari Loesche yaitu tidak boleh lebih dari 16 mm/s. Oleh karena itu diperlukan penambahan program sensor vibrasi prufteknik ke *Distributed Control Sistem (DCS) cement mill* sebagai *safety device*. Kemudian setelah melakukan studi litelatur, dilanjutkan dengan perancangan konsep dan pembuatan program di *software ABB Control Builder M* menggunakan komputer untuk *Engineering* di pabrik menggunakan bahasa pemrograman *function block diagram (FBD)*. Hasil dari program tersebut ialah sebuah tambahan *safety device* untuk *cement mill* berupa sistem *interlock* yang secara otomatis mematikan *motor drive cement mill* pada saat nilai kecepatan vibrasi yang terbaca melebihi 16 mm/s. Selain sebagai *safety device*, penambahan program ini juga menghasilkan fasilitas sistem *monitoring* secara *real-time* berupa indikasi kecepatan vibrasi beserta grafik yang dapat di akses online sehingga mempermudah operator mengetahui nilai vibrasi tanpa harus dilakukan pengecekan di area.

**Keywords:** : *Cement Mill, DCS, Sensor Vibrasi, Safety Device*

### **1. PENDAHULUAN**

PT Solusi Bangun Indonesia Tbk menjalankan usaha yang terintegrasi terdiri dari semen, beton siap pakai, dan produksi agregat. Perusahaan mengoperasikan empat pabrik semen diantaranya di Narogong, Jawa Barat, Cilacap, Jawa Tengah, Tuban di Jawa Timur dan Lhoknga, Aceh dengan total kapasitas gabungan per tahun 14.8 juta ton semen, dan mempekerjakan lebih dari 2,400 orang. (PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, 2023)

*Cement Mill* merupakan tempat penggilingan terakhir semen. Material yang digiling di dalam *Cement Mill* adalah clinker, gypsum dan *additive (limestone filler, pozzolan dan Flyash)*. Proporsi dari ketiga bahan tersebut harus sesuai dengan standar dan jenis semen yang telah ditentukan oleh standart. Ada 2 jenis mill yang digunakan pada pabrik semen, yaitu *Ball Mill* dan *Vertical Roller Mill*. *Cement Mill* di PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, *Tuban Plant* menggunakan tipe *Vertical Roller Cement Mill* yang merupakan produk dari Loesche. Tipe dari mill tersebut adalah LM56.3+3. LM 56.3+3 berarti Loesche mill tersebut memiliki diameter table mill sebesar 5,6 m, 3 master roller dan 3 service/support roller. (Prasetyo et al., 2018).

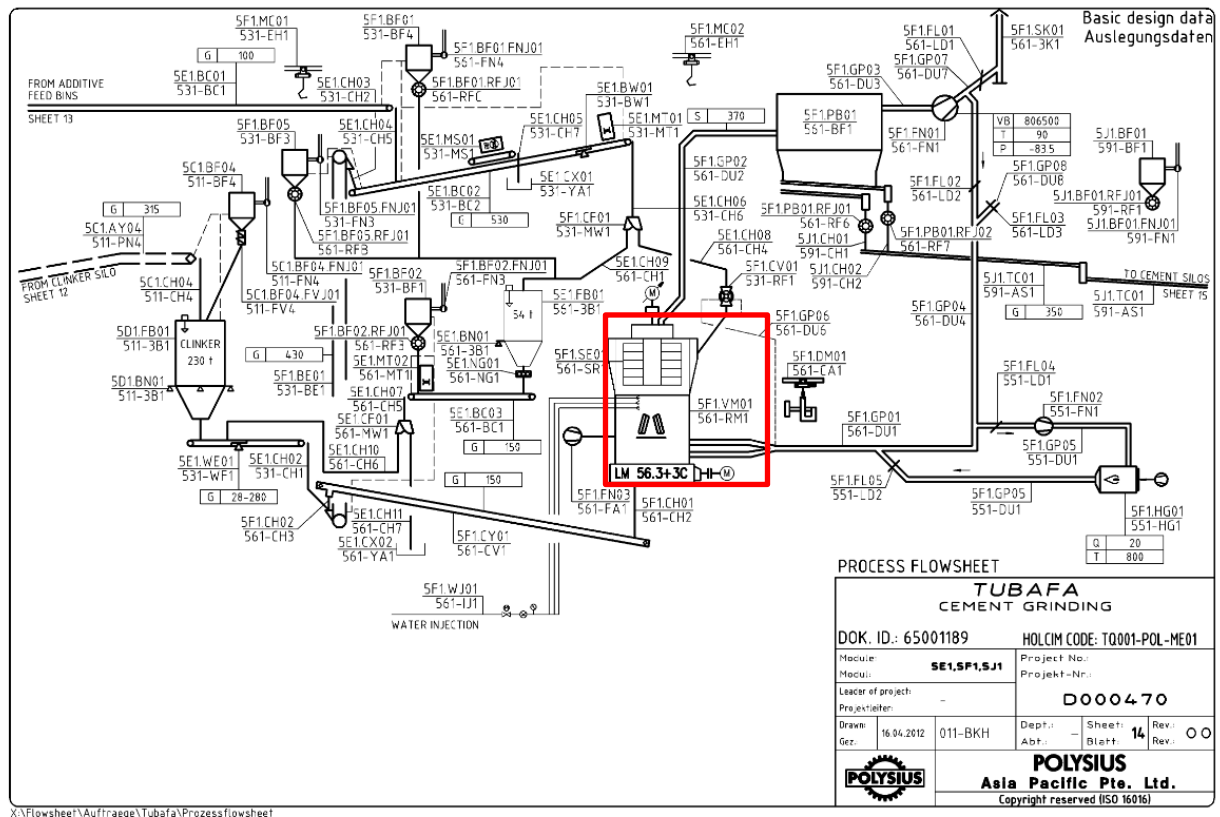
Cement mill merupakan salah satu main equipment yang ada di area FMD oleh karena itu equipment ini harus diperhatikan. Untuk mencegah *equipment* rusak karena vibrasi tinggi maka vibrasi pada *cement mill* harus dibatasi, adapun batasan tersebut ditetapkan oleh *Engineer* dan pihak-pihak yang terkait yaitu *Loesche*. Batasan vibrasi tersebut dihubungkan dengan *DCS Cement Mill* agar *Cement Mill* mati jika terjadi vibrasi yang melebihi ketetapan. Hal ini merupakan salah satu *safety device* untuk *cement mill* tersebut maupun mesin-mesin sekitar dan juga untuk manusia(pekerja).

## 2. METODOLOGI

Pabrik Tuban mengoperasikan *cement mill* yaitu jenis *Vertical Roller Mill*. *Vertical roller mill* adalah jenis *grinder* yang digunakan untuk menggiling bahan menjadi bubuk yang sangat halus untuk digunakan dalam proses *dressing* mineral, cat, kembang api, semen dan keramik. Ini adalah alternatif hemat energi untuk *ball mill*. (Wikipedia, 01).



Gambar 1. *Cement Mill Tipe Vertical Roller Mill*  
(LOESCHE, 2017)



Gambar 2. Flowsheet Finish Mill Area dengan Vertical Roller Mill ditandai Kotak Merah (Polysius Asia Pasific Pte. Ltd., 2012)

Prinsip kerja *LOESCHE Mill* adalah sebagai berikut. Material yang akan digiling dituangkan ke dalam *mill* dalam jumlah terukur melalui mesin konveyor. Proses penggilingan dihasilkan oleh tekanan dan gesekan di bawah pengaruh rakitan pegas rol hidropneumatik. Material yang halus keluar dikarenakan gaya sentrifugal dan dibawa oleh aliran gas ke *classifier*. Produk jadi melewati *classifier* dengan kehalusan yang diinginkan, dikeluarkan dari mill dan lanjut ke proses selanjutnya. (LOESCHE GmbH, 2013).

Untuk memantau pengoperasian pabrik, sensor getaran dipasang pada *mill*. Sensor vibrasi (getaran) mengukur pergerakan *body mill* secara horizontal arah (mm/s). Nilai vibrasi yang terukur yang diubah dari sinyal mekanis menjadi sinyal listrik adalah diarahkan melalui kabel ke *contact instrument* pada *measuring cabinet* di ditunjukkan oleh *instrument* / sensor tersebut. Prosedur *shutdown* / penghentian operasi penggilingan normal pabrik dimulai secepat mungkin setelah indikasi melebihi nilai vibrasi yang telah ditentukan. (LOESCHE GmbH, 2013). Vibrotector ialah sensor yang paling sederhana dan hemat biaya solusi untuk melindungi mesin yang terus berjalan dari getaran tidak teratur. Pemancar getaran mentransmisikan nilai karakteristik *broadband* (sebagai level arus 4-20mA) secara langsung ke pengontrol proses (PLC atau DCS) yang terhubung. (pruftechnik, 2020)

Evaluasi vibrasi cement mill dilakukan sesuai dengan Pedoman Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 2056. Proses Penggilingan oleh LOESCHE harus diklasifikasikan ke dalam Grup "D" (LOESCHE GmbH, 2013). Sesuai panduan manual book tersebut ditetapkan bahwa batas vibrasi yaitu 16 mm/s.

Tabel 1. Guideline of Quality Assurance for Vibration Mill

Schwingstärke-Stufen		Äquivalente Amplituden an den Stufengrenzen		Beispiele der Beurteilungsstufen für einzelne Maschinengruppen				
CLASSIFICATION OF VIBRATION MAGNITUDE		EQUIVALENT AMPLITUDES AT THE CLASSIFICATION LIMITS		EXAMPLES OF THE VARYING CLASSIFICATION FOR SELECTED GROUPS OF MACHINERY				
Stufenbezeichnung	Effektive Schnelle $V_{eff}$ (mm/s)	Äquivalente Schnelle-Amplitude $V_{aqui}$ (mm/s)	Zu 50 Hz gehörige Wegamplitude $S_{500\mu}$ ( $\mu$ m)	Frangi per la valutazione dei singoli gruppi di macchine				
CLASSIFICATION	EFFECTIVE VELOCITY AT THE CLASSIFICATION LIMITS	EQUIVALENT VELOCITY AMPLITUDE $V_{aqui}$ (mm/s)	FOUNDALE TRAVEL AMPLITUDE BELONGING TO 50 CYCLES / SEC. (MICRONS)	Gruppe K	Gruppe M	Gruppe G	Gruppe T	Gruppe D
Classificazione	Velocità effettiva $V_{eff}$ (mm/s) ai limiti di classificazione	Amplitude equivalenti ai limiti di classificazione $V_{aqui}$ (mm/s)	Amplitude di oscillazione corrispondente a 50 Hz ( $\mu$ m)					
0,28	0,28	0,4	1,25	gut				extrem gut
0,45	0,45	0,63	2	sehr gut				sehr gut
0,71	0,71	1,0	3,15	gut				gut
1,12	1,12	1,6	5	sehr gut				sehr gut
1,8	1,8	2,5	8	gut				gut
2,8	2,8	4,0	12,5	sehr gut				sehr gut
4,5	4,5	6,3	20	gut				gut
7,1	7,1	10	31,5	sehr gut				sehr gut
11,2	11,2	16	50	gut				gut
18	18	25	80	sehr gut				sehr gut
28	28	40	125	gut				gut
45	45	63	200	sehr gut				sehr gut

(LOESCHE GmbH, 2012)

Selanjutnya sensor tersebut diintegrasikan ke *DCS Cement Mill* melalui sistem 800xA supaya dapat *interlock* dengan *Motor Main Drive*. *Distributed Control Systems* atau DCS adalah sistem terkomputerisasi yang mengotomatiskan peralatan industri yang digunakan dalam proses berkelanjutan dan *batch*, sekaligus mengurangi risiko terhadap manusia dan lingkungan. (ABB Company, 2023) System 800xA® adalah platform integrasi dengan konektivitas yang tak tertandingi ke perusahaan dan pabrik sistem, aplikasi, dan perangkat menjadi lebih baik operasi, rekayasa, pengendalian dan pemeliharaan dan menyediakan lingkungan kolaboratif di mana pengambilan keputusan secara *real-time* adalah kenyataan. (ABB Company, 2023a) Sistem tersebut menggunakan AC 800M sebagai *controller*. AC 800M adalah *platform* perangkat keras yang terdiri dari unit perangkat keras individual, yang dapat dikonfigurasi dan diprogram untuk menjalankan berbagai fungsi. Setelah dikonfigurasi dan diprogram. (ABB Company, 2011) Menggunakan *Processor unit* yang dipakai di pabrik Tuban adalah PM891. PM891 merupakan sebuah *processor* / pengontrol berkinerja tinggi yang mampu menangani aplikasi dengan persyaratan tinggi. PM891 terhubung dengan sistem I/O S800 melalui module optik. *Processor* ini dapat bertindak sebagai Pengontrol Proses yang berdiri sendiri, atau sebagai pengontrol yang melakukan pengendalian lokal di jaringan kendali (control). (ABB Company, 2013a). Untuk saling komunikasi, *hardware-hardware* tersebut menggunakan profibus dp. Kemudian setelah *hardware* terkonfigurasi selanjutnya adalah pembuatan program. Program dibuat dengan *software control* builder. Control Builder Professional (CB Professional) merupakan *software* pemrograman untuk menciptakan solusi kontrol untuk perangkat keras AC 800M. *Control Builder* memiliki solusi tipe untuk kontrol logika sederhana, kontrol perangkat, kontrol *loop*, penanganan *alarm*, dll. yang dikemas sebagai pustaka standar. (ABB Company, 2011) Control Builder merupakan alat (*software*) yang digunakan untuk konfigurasi kode pengontrol. Alat ini mencakup logika kontrol serta konfigurasi perangkat keras. (ABB Company, 2014).

Langkah pertama membuat program ialah masuk ke *project explorer*. *User Interface Control Builder* disebut *Project Explorer* dan di sinilah penulis akan membuat dan membangun suatu *project*. Sebuah proyek berisi seluruh konfigurasi yang diperlukan untuk solusi kontrol berbasis AC 800M, termasuk aplikasi kontrol dan pengaturan perangkat keras. (ABB Company, 2011). Ketika sebuah proyek dibuat, folder *Libraries* berisi berisi fungsi *firmware* yang dapat digunakan di seluruh aplikasi, dan dua perpustakaan yang selalu terhubung ke suatu proyek:

BasicLib dan IconLib. Setelah proyek dibuat, Library/perpustakaan standar dan perpustakaan yang ditentukan pengguna dapat dibuat atau dimasukkan ke dalam folder *Libraries* dan folder *Hardware*. (ABB Company, 2011). *Control libraries* berisi sejumlah blok fungsi dan modul kontrol yang dirancang untuk membantu Anda membangun sistem sinyal kompleks dan loop kontrol dengan fungsionalitas dan fleksibilitas tinggi. Penulis menggunakan *Vibration Libraries* untuk program.

Tabel 2. Penjelasan Vibration Libraries

No	Nama	Deskripsi	Nilai
1.	Name	Nama Sinyal/Sensor/Modul	561-RM1.N1_PV_Module
2.	AIS_Name	Tag Name / Variable	561-RM1.N1_PV
3.	AIS_Desc	Teks Deskripsi	Vibration on mill
4.	IO	Input-Output	-
5.	PCC	Process Control Connection, Priority Command/Interlock ke Motor/Valve/Grup	-
6.	PCCAEListFrcEn	PCC Alarms & Events	-
9.	AIS_HiLim2	Nilai awal untuk Second High Alarm	16s
10.	AIS_IntlkTypeHiLim2	Penamaan untuk Batasan Second High Alarm, IC_Equipment	IC_Equipment
11.	AIS_IntlkDirHiLim2	Arah Interlock	-
12.	AIS_HiLim1	Nilai awal untuk First High Alarm	12
13.	AIS_PHiLim_PeakLim	Nilai awal untuk Second High Alarm	16
16.	AIS_EnIndividualAlarmDelays	Fasilitas untuk mengaktifkan pengaturan delay alarm untuk semua 6 batasan pada faceplate.	TRUE
19.	Alarm_Name	Nama Alarm/Peringatan	561-RM1.N1_PV_F
20.	Alarm_Description	Keterangan dari Alarm_Name	Vibration dynamic
23.	Alarm_IntlkTypeAlarm	Penamaan tipe alarm	IC_Equipment
24.	Alarm_IntlkDirAlarm	Arah alarm	-

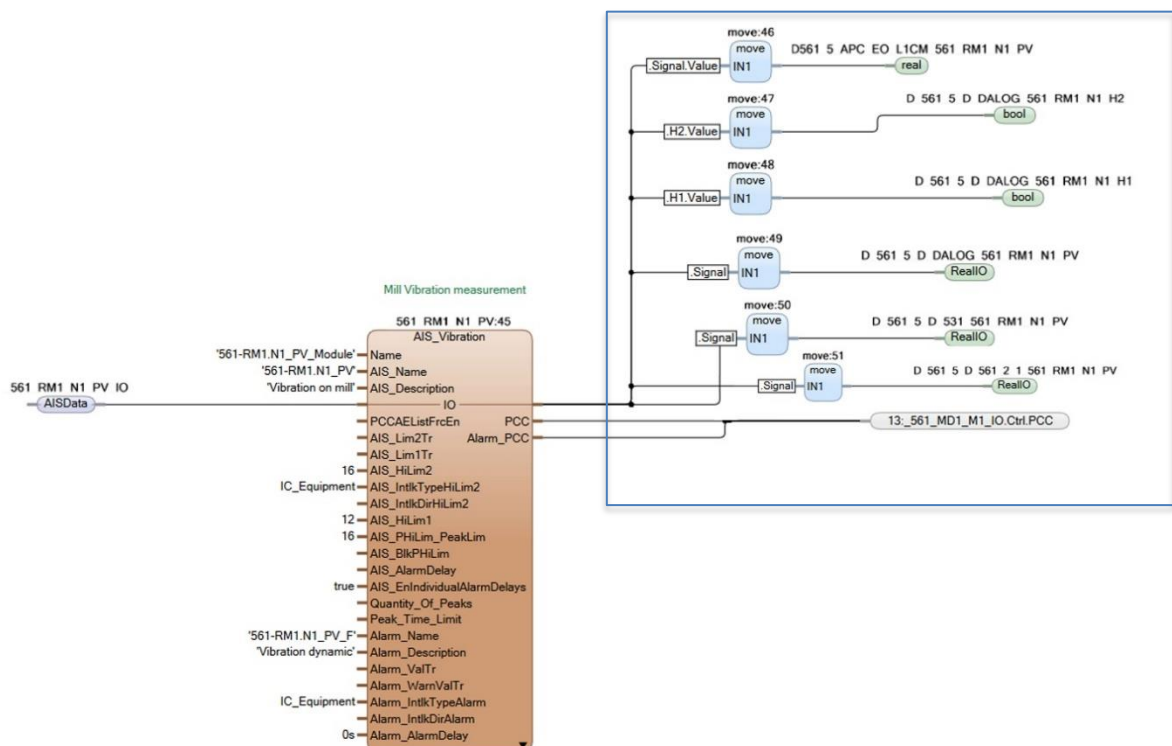
25.	Alarm_AlarmDelay	Nilai waktu penundaan alarm untuk kembali ke posisi normal	0s
-----	------------------	--	----

*Libraries* ini diberi deskripsi oleh penulis dengan kode 561-RM1.N1\_PV sesuai dengan panduan kode asset. *Input* dari *libraries* tersebut ialah pembacaan dari sensor lalu diolah dan *output* dari *libraries* tersebut dikunci ke 561-MD1.M1 yang merupakan kode asset dari *motor cement mill*. PT Solusi Bangun Indonesia Tbk sebelumnya merupakan PT Holcim Indonesia Tbk. Semua mesin di dalamnya memiliki nama berupa kode unik sebagai nama spesifik untuk membedakan tiap mesinnya walaupun sejenis. Penamaan ini diatur dalam *HAC (Holcim Assets Code)*. (Holcim Group Support Ltd, 2010).

Setelah program dibuat, hasil pembacaan sensor tersebut tidak hanya sebagai *interlock* ke motor namun dapat dipantau secara *online*. Graphics Builder adalah software yang membantu mengonfigurasi aspek grafis seperti tampilan grafis, elemen grafis, dan elemen pelat muka. Dengan *software* ini penulis akan membuat tampilan grafik dari pembacaan sensor yang dapat diakses secara *real-time*. (ABB Company, 2016).

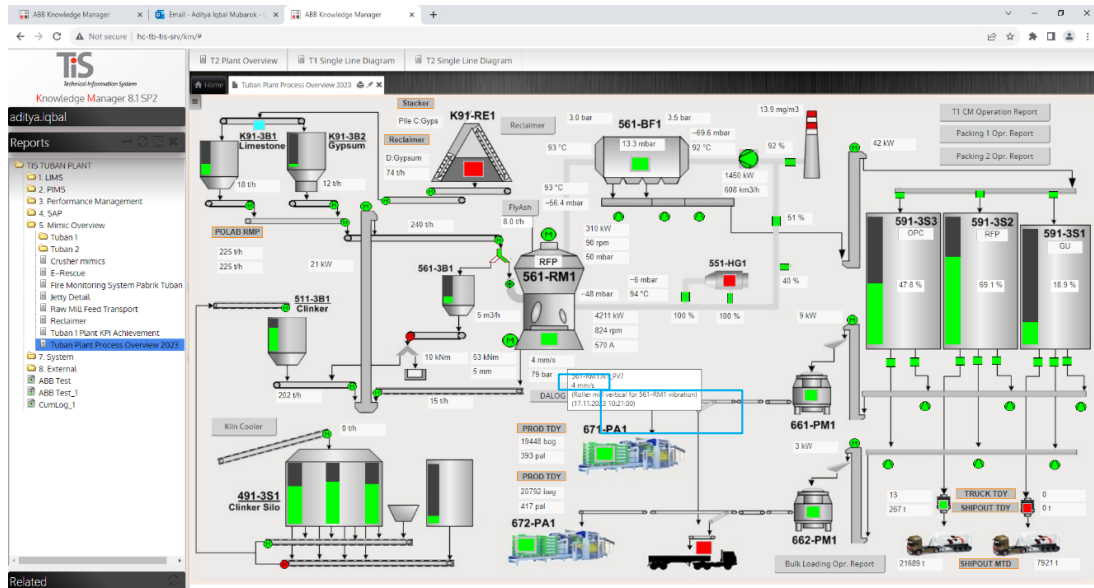
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Program yang dibuat dengan *software control builder* berdasarkan kajian pustaka yang telah dibahas sebelumnya. Secara sederhana prinsip kerja program ini adalah ketika sensor vibrasi membaca vibrasi lebih besar dari 12 mm/s akan memberikan peringatan (*warning*) dan ketika melebihi 16 mm/s maka akan memerintahkan 561-MD1.M1 seketika mati sebagai *safety device* untuk mencegah mesin mengalami kerusakan dikarenakan vibrasi tinggi. Kotak garis biru tidak termasuk dalam pembahasan ini



Gambar 1. Program Interlock Sensor Vibrasi ke Cement Mill

Untuk menampilkan hasil dari program tersebut ke dalam *faceplates*, penulis menggunakan *software graphic builder* dan hasilnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini ditandai dengan kotak warna biru.



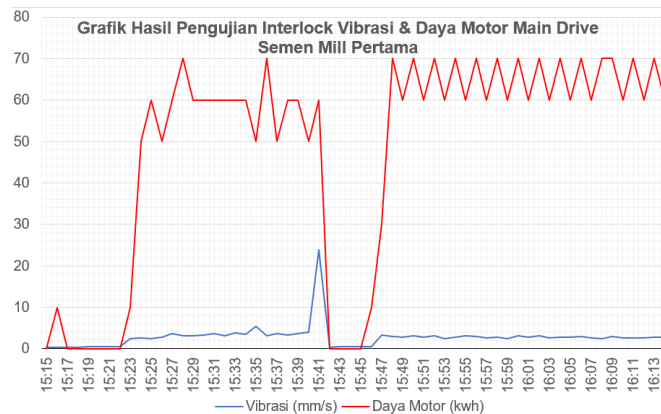
Gambar 4. Tampilan Indikasi Sensor Vibrasi di TIS

Untuk mengkonfirmasi bahwa pembacaan sensor di program sudah benar dilakukan pengambilan data secara manual dengan vibro pen skf lalu pada waktu/jam yang sama. Tabel dibawah ini merupakan hasilnya.

Tabel 1. Data Hasil Pembacaan Sensor Vibrasi oleh Program dan Pengukuran Manual dengan Vibro Pen

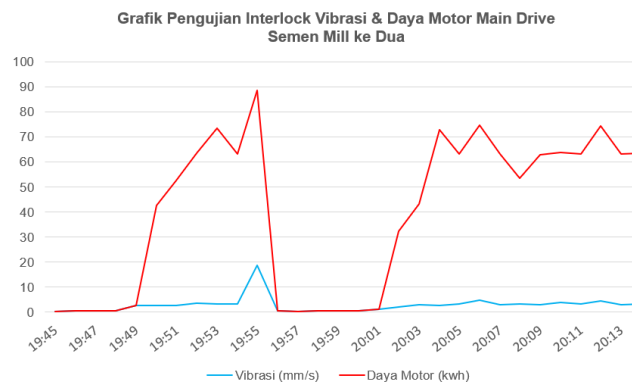
Start Time	561-RM1.N1_PV mm/s	Vibro Pen mm/s
29/11/2023 14:30	5,38262	5,3
29/11/2023 14:32	3,802548	3,8
29/11/2023 14:35	4,592203	4,5
29/11/2023 14:37	3,858244	3,8
29/11/2023 14:40	4,028382	4
29/11/2023 14:42	4,555581	4,5
29/11/2023 14:45	3,707179	3,7
29/11/2023 14:47	4,309911	4,3
29/11/2023 14:50	3,426413	3,4

Kemudian pengujian interlock dilakukan 2x percobaan karena pertimbangan dari sisi operasi maupun biaya untuk star-stop motor. Berikut adalah hasil dari pengujian tersebut.



Gambar 5. Pengambilan Data Uji *Interlock* Pertama

Pengujian pertama dilakukan tanggal 21/11/2023 berhasil dibuktikan dengan adanya nilai 23,84985 mm/s pada pembacaan sensor vibrasi (garis warna biru) maka seketika main drive shutdown pada pukul 15:42 ditunjukkan dengan penurunan pembacaan daya / *power main drive* (garis warna merah) menjadi 0 kW. Lalu pada pukul 15:45 mesin semen mill dilanjutkan beroperasi oleh tim produksi.



Gambar 6. Pengambilan Data Uji *Interlock* Kedua

Pengujian kedua dilakukan setelah *ishoma shift* malam yang berhasil dibuktikan dengan adanya nilai 18,71443 mm/s pada pembacaan sensor vibrasi (garis warna biru) maka seketika main drive shutdown ditunjukkan dengan penurunan pembacaan daya / *power motor main drive* (garis warna merah) menjadi 0 kW pada pukul 19:56 Kemudian pada pukul 20:00 mesin semen mill dilanjutkan beroperasi oleh tim produksi.

#### 4. KESIMPULAN

Program *interlock* & pembacaan sensor vibrasi telah dibuat pada PLC ABB AC800M melalui sistem yang dipakai pabrik yaitu Sistem 800xA dengan aplikasi Control Builder M dan Grapics Designer telah berhasil. Program *interlock* sensor vibrasi dengan *cement mill* ini berperan sebagai *safety device*, mematikan *mill* pada batasan vibrasi sesuai standard pada manual book yaitu 16mm/s sehingga dapat mencegah kerusakan pada *cement mill* maupun *equipment* lain jika terjadi vibrasi tinggi. Manfaat lainnya yaitu dengan adanya program ini maka vibrasi pada *cement mill* dapat dilihat di *monitor* melalui *technical information system* sehingga tidak diperlukan pengambilan data vibrasi secara manual.

## DAFTAR PUSTAKA

- ABB Company. (2010). Tuban Plant Control Builder Libraries. Tuban, Jawa Timur, Indonesia.
- ABB Company. (2023, 11 11). *Communications - AC 800M Communication interfaces*. Retrieved from 800xahardwareselector: <https://800xahardwareselector.com/product/ci854b>
- ABB Company. (2023, 10 11). <https://new.abb.com/>. Retrieved from What is a Distributed Control System (DCS)?: <https://new.abb.com/control-systems/control-systems/what-is-a-distributed-control-system>
- ABB Company. (2023, 10 22). *Perpustakaan Sistem 800xA*. Retrieved from <https://new.abb.com/>: <https://new.abb.com/control-systems/system-800xa/800xa-dcs/engineering/libraries>
- DALOG Diagnosesysteme GmbH. (2023, 10 29). *About Us*. Retrieved from DALOG: <https://dalog.net/about/>
- LOESCHE. (2015, 3 9). *LOESCHE vertical roller mill for SCG Cement in Thailand*. Retrieved from LOESCHE vertical roller mill for SCG Cement in Thailand: <https://www.loesche.com/es/node/115>
- Polysius Asia Pasific Pte. Ltd. (2012). *Process Flowsheet TUBAFA*.
- PT Solusi Bangun Indonesia. (2015). *Technical Information System*.
- PT Solusi Bangun Indonesia. (2022). *System Application and Product in Data Processing*.
- PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. (2023, 10 11). *Solusi Bangun Indonesia*. Retrieved from Profil Perusahaan: <https://solusibangunindonesia.com/>
- PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. (2019). *Profil Perusahaan*. Retrieved Oktober 11, 2022, from <https://solusibangunindonesia.com/profil-perusahaan/>
- Wikipedia. (01, 07 2019). *Vertical Roller Mill*. Retrieved from Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Vertical\\_roller\\_mill](https://en.wikipedia.org/wiki/Vertical_roller_mill)
- ABB Company. (2011). *System 800xA Control AC 800M*. [https://library.e.abb.com/public/5d62dab1fb0cb932c125796d00208386/3BSE041880-510\\_A\\_en\\_System\\_800xA\\_Control\\_5.1\\_AC\\_800M\\_Getting\\_Started.pdf](https://library.e.abb.com/public/5d62dab1fb0cb932c125796d00208386/3BSE041880-510_A_en_System_800xA_Control_5.1_AC_800M_Getting_Started.pdf)
- ABB Company. (2013a). *AC 800M Controller Hardware*. [https://library.e.abb.com/public/1cb4fadd66365e57c1257b740027013b/3BSE036351-510\\_A\\_en\\_AC\\_800M\\_5.1\\_Controller\\_Hardware.pdf](https://library.e.abb.com/public/1cb4fadd66365e57c1257b740027013b/3BSE036351-510_A_en_AC_800M_5.1_Controller_Hardware.pdf)
- ABB Company. (2013b). *Compact Control Builder AC 800M Binary and Analog Handling*. [https://library.e.abb.com/public/584942f0c13c51edc1257b6a0025ee82/3BSE041488-511\\_-en\\_Compact\\_Control\\_Builder\\_AC\\_800M\\_5.1.1\\_Binary\\_and\\_Analog\\_Handling.pdf](https://library.e.abb.com/public/584942f0c13c51edc1257b6a0025ee82/3BSE041488-511_-en_Compact_Control_Builder_AC_800M_5.1.1_Binary_and_Analog_Handling.pdf)
- ABB Company. (2014). *System 800xA System Guide Functional Description*.
- ABB Company. (2016). *System 800xA Engineering Process Graphics*. <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3BSE049230-600&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- ABB Company. (2023a). *ABB Ability™ System 800xA® 6.1.1 System Guide Summary*. <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3BSE091794&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- ABB Company. (2023b). *Product CI801 ABB*.
- ABB Industrial. (2003). *World Cement*. [https://library.e.abb.com/public/bba28a97062e253ac1257b3500307248/World\\_Cement\\_Jan\\_03.pdf](https://library.e.abb.com/public/bba28a97062e253ac1257b3500307248/World_Cement_Jan_03.pdf)
- Holcim Group Support Ltd. (2010). *HAC Manual-Holcim Asset Code Cement Plant Coding and base for Asset Management Holcim Group Support Ltd Cement Manufacturing Services*.

- LOESCHE. (2017). *CEMENTMILL LOESCHE-MILLS FOR CEMENT AND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG*.
- LOESCHE GmbH. (2012). *Assessment Scales of Mechanical Vibrations Caused by LOESCHE*.
- LOESCHE GmbH. (2013). *LOESCHE - Mill with classifier-002*.
- Prasetyo, M. A. H., Prasetya, S., & Wahid, E. A. (2018). Perancangan Fasilitas Jembatan Untuk Memindahkan Main Drive Motor Cement Mill. *Seminar Nasional Teknik Mesin 2018*.
- pruftechnik. (2020). *Condition Monitoring Machine and System Monitoring Contents*.  
[https://www.pruftechnik.com/fileadmin/Products-Services/Products/Condition-Monitoring-Systems/\\_pdf\\_Downloads\\_Common/Condition-Monitoring\\_LIT-01.407\\_en-2.pdf](https://www.pruftechnik.com/fileadmin/Products-Services/Products/Condition-Monitoring-Systems/_pdf_Downloads_Common/Condition-Monitoring_LIT-01.407_en-2.pdf)
- SKF Reliability Systems. (2009). *SKF Machine Condition Advisor CMAS100-SL*. [www.skf.com/cm](http://www.skf.com/cm)