PENDEKATAN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS DAN RESPONSE SURFACE METHODOLOGY DENGAN PERTIMBANGAN *ROOT CAUSE FAILURE ANALYSIS* UNTUK MEMINIMALKAN *SIX BIG LOSSES*

Lukmandono, Enik Sulistyowati, Ni Luh Putu Hariastuti

PENDAHULUAN

Perubahan teknologi dan globalisasi menciptakan tantangan bagi industri manfaktur pada saat ini, sehingga memaksa semua perusahaan manufaktur meninggalkan sistem tradisional menuju sistem manufaktur maju (Esmaeel et al., 2018). Sistem manufaktur maju digunakan untuk meningkatkan kinerja bisnis dan produktivitas suatu perusahaan manufaktur, begitu juga dengan efektivitas keseluruhan mesin dan peralatan yang telah menjadi perhatian utama (Relkar & Nandurkar, 2012). Efektivitas keseluruhan mesin dan peralatan merupakan ukuran kinerja umum yang menunjukkan pemanfaatan mesin dan peralatan. Ketersediaan mesin dan peralatan yang dapat diandalkan merupakan kebutuhan pasar yang sangat kompetitif (Kameiswara et al., 2018).

Efektifitas keseluruhan mesin dan peralatan merupakan teknik modern untuk mengetahui keefektifan mesin dan peralatan dimana tujuannya adalah mengurangi masalah produksi yang sangat kompleks dan membantu menganalisa proses produksi secara sistematis serta mengidentifikasi semua potensi masalah yang mempengaruhi ketersediaan mesin (Singh et al., 2013). Ketersediaan mesin dan peralatan sangat dibutuhkan pada proses produksi manufaktur, apalagi jika perusahaan tersebut merupakan perusahaan produksi massal yang memerlukan efisiensi tinggi dalam penggunaan mesin dan peralatan terutama pada konsumsi input dan sumber daya manusia(da Silva et al., 2017).

Selain efektifitas keseluruhan mesin dan peralatan, perusahaan harus bisa meningkatkan produktivitas untuk mencapai keberhasilan dalam proses bisnis dan bertahan dalam persaingan. Proses mempertahankan persaingan dalam dunia industri sangat didukung oleh proses produksi yang berjalan dengan lancar (Heng et al., 2019).

Proses produksi akan berjalan lancar jika didukung dengan mesin dan peralatan yang selalu tersedia saat dibutuhkan, akan tetapi masalah yang sering dialami oleh berbagai perusahaan adalah seringnya terjadi kerusakan mesin dan peralatan yang tidak bisa ditentukan waktu kerusakannya sehingga mengganggu produktivitas mesin dan peralatan (Mardono et al., 2019). Mesin dan peralatan memerlukan perawatan agar tersedia pada saat dibutuhkan, oleh karena itu diperlukan utilisasi mesin dan peralatan seoptimal mungkin serta pengukuran untuk mengetahui efektifitas dan produktivitas mesin terutama mesin-mesin dengan *downtime* tinggi yang belum pernah melakukan penerapan perhitungan keefektifan keseluruhan mesin dan peralatan (Ramaditya et al., 2018).

Usaha perbaikan dalam praktiknya seringkali dianggap pemborosan karena tidak menyentuh akar permasalahan yang sebenarnya. Penyebab utamanya biasanya disebabkan karena operator tidak mendapat informasi yang jelas tentang akar permasalahan yang terjadi dan faktor-faktor penyebabnya, sehingga tim kurang efektif dalam mengatasi suatu masalah. Oleh karena itu diperlukan suatu metode yang mampu menjabarkan permasalahan dengan jelas agar dapat dilakukan peningkatan kinerja mesin dan peralatan secara optimal, yang pada ujungnya dapat meningkatkan produktivitas perusahaan (Jonsson & Lesshammar, 1999)

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan manufaktur di Indonesia dengan produk-produknya yang bisa dinikmati oleh pelanggan lebih dari se-abad lamanya. Dalam proses produksinya ada 2 mesin utama yang digunakan yaitu mesin packer GDX2-NV dan C-600. Mesin packer GDX2-NV dan C-600 merupakan mesin Hinge Lid Packer yang saling berkolaborasi dan mempunyai kecepatan lebih dari 400 pack/mntdilengkapi system pengecekan lengkap yang dipasang sepanjang lintasan produk.

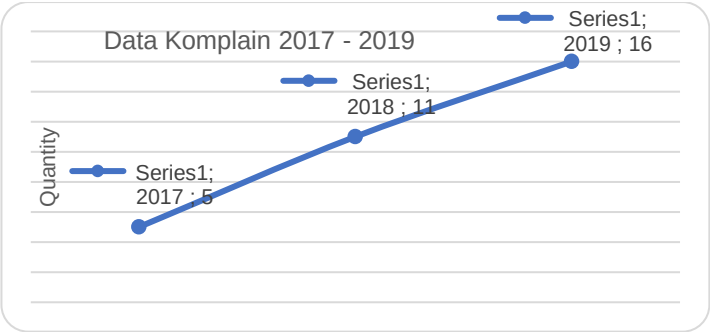
PT. XYZ telah mengimplementasikan *Total Productive Maintenance* (TPM) dan *continuous improvement* sehingga perbaikan terus menerus selalu dilakukan, bahkan membuat program OPEN+ (*Operation Performance and Engagement plus*) untuk mencapai tujuan usaha dari semua lini yang meliputi lini

bawah sampai lini atas. Dengan program OPEN+, semua karyawan bisa memberikan kontribusinya untuk *continuous improvement* dimulai pada departemennya masing-masing.

Implementasi *continuous improvement,* OPEN+ membuat sistem untuk memenuhi target yaitu RTT (*Run to Target*) pada beberapa mesin termasuk mesin packer GDX2-NV dan C-600 dengan implementasi RTT pada tahun 2018. RTT merupakan salah satu program OPEN+ yang mengubah cara bekerja dalam operasi untuk mencapai terobosan dalam kinerja sebagai usaha peningkatan performance mesin dengan menunjukan visual breakdown secara *real time* kepada operator dan mekanik agar mampu memperbaiki breakdown dengan cepat dan akurat sehingga six big losses bisa diminimalisasi.

Melalui implementasi RTT ini berimbas pula pada bagian DIM (*Direct Incoming Material*) dimana material sangat besar perannya dalam kelancaran proses produksi. Secara garis besar, breakdown mesin terdiri atas beberapa penyebab antara lain; mesin, metode, material, dan lingkungan. Seringnya *production technician* memberikan *adjustment* material yang kurang bagus sehingga **penting sekali untuk menganalisa OEE** (*overall equipment effectiveness*) dari mesin packer GDX2-NV dan C-600 dan mengetahui apa saja faktor dominan yang mempengaruhi *performance* mesin yang ada.

Pemilihan mesin GDX2-NV dan C-600 sebagai obyek penelitian disebabkan karena mesin tersebut merupakan mesin yang pertama kali diterapkan sistem RTT dan selalu dipantau performance dan produktivitasnya oleh manajemen. Semua adjustment production technician di atas harus dibuktikan dengan data komplain yang telah dibuat ke supplier. Setelah diambil data selama tahun 2017 sampai 2019 terdapat komplain ke vendor dimana angka NCR meningkat sebagai berikut:



Gambar 1. Data Komplain 2017 – 2019 Mesin GDX2-NV

Rincian komplain dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1 Rincian Data Komplain (NCR)

Description	Material
2017	
Improper winding	End label
Creases/ Folds / Wrinkles / Scratches	Innerliner
Creases/ Folds / Wrinkles / Scratches	Innerliner
Improper winding	Innerliner
Condition	Innerliner
2018	
Sealing temperature range	OPP
Damage	Kraft paper
Damage	Innerliner
Damage	Innerliner
Odor	Adhesive
Sealing temperature range	OPP
Good-to-Print execution	Innerframe
Good-to-Print execution	Innerframe
Miss print	Innerframe
Miss print	Innerframe
Jam/blocking/breaks	Innerliner

Description	Material
2019	
Improper winding	OPP
Dust	OPP
Improper winding	end label
Improper winding	OPP
Damage	Innerframe
Appearance	HL
Wavy/ Twist	HL
Damage	Innerliner
Splices	innerliner
Damage	innerliner
Visual Evaluation of Colors	Innerframe
Damage	OPP
End mark	OPP
Splices	innerliner
Damage	innerliner
Ink smearing	Innerframe

Tabel 1 di atas merupakan rincian data komplain yang dikirimkan ke vendor karena material yang memang benar-benar tidak sesuai spesifikasi sehingga mengganggu proses berjalannya mesin. Dari data komplain di atas, penting sekali untuk menganalisa material sebagai penyebab utama mesin stop sehingga bisa melakukan continuous improvement dari sisi material. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah dengan pendekatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Response Surface Methodology* (RSM) sebagai upaya minimalisasi six big losses pada kedua mesin yang dimiliki PT. XYZ melalui pertimbangan *Root Cause Failure Analysis* (RCFA).

PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian ini penting untuk dilakukan karena adanya proses yang tidak stabil dan tidak terkendali memerlukan perencanaan indikator pengukuran produktivitas yang tepat, dan juga perlunya suatu perusahaan untuk memiliki kompetensi dalam menghadapi daya saing ke depan (HE Zhen, 2013).

Tabel 2 di bawah ini merupakan kumpulan penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini dimana terdapat beberapa persamaan mepupun perbedaan. Persamaan dari penelitian sebelumnya adalah adanya perhitungan efektivitas mesin dengan metode OEE dan mengetahui performance suatu mesin atau peralatan. Sedangkan perbedaan dengan penelitian sebelumnya adalah perhitungan efektivitas mesin dengan metode OEE tersebut dihitung kembali dengan metode RSM untuk mengetahui titik respon optimal dengan pertimbangan RCFA karena mesin sudah melebihi usia dan terdapat dua mesin yang saling berkolaborasi. Selain itu pada penelitian ini, difokuskan pada minimalisasi *Six Big Losses* dan memberikan usulan perbaikan dari sisi material. Penggunaan metode OEE karena metode ini merupakan metode pendekatan untuk memastikan keandalan proses produksi yang terbukti efektif dan sudah diimplementasikan pada semua usaha baik manufaktur maupun jasa. Selain itu, metode OEE digunakan untuk mengukur kinerja suatu mesin dan peralatan sehingga efektivitas mesin dan peralatan dapat dihitung secara keseluruhan.

Tabel 2 Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Masalah Penelitian	Tempat	Metode	Penulis	Hasil
1	Kebutuhan pasar yang sangat kompettitif	Perusahaan multinational automobile	OEE melalui DOE	Anand S. Relkar dan Dr. K. N. Nandurkasr (2012)	Menghasilkan signifikansi pada masing-masing faktor dan akhirnya penghitungan dan hasil respons surface method menghasilkan nilai-nilai yang optimal dari tiga faktor OEE
2	Perhitungan manual efektivitas mesin dan peralatan sangat memakan waktu	Industri manufaktur secara general	Automation OEE Calculation	Ranteshwar Singh, Dhaval B. Shah, Ashish M. Gohil, Milesh H. Shah (2013)	Dengan otomasi OEE dapat dihitung secara cepat dan dapat dianalisa melalui software untuk mengidentifikasi losses dan hasil pengukuran tersebut bisa diambil untuk mengeliminasi problem.
3	Kerusakan mesin yang tidak menentu	Perusahaan Keramik	OEE	Daniel Limantoro, Felecia, S. T., M. Sc. (2013)	Nilai OEE 89,926% dan factor terbesar yang mempengaruhi efektivitas mesin adalah Reduce Speed
4	Untuk memproduksi produk sesuai target	PT. Pupuk Kujang	RCM II dan OEE	Ichmandira Bintang pamungkas, Haris Rachmat, Amelia Kurniawati (2014)	Analisi RCM II bisa memberikan 66 usulan schedule maintenance dengan OEE sebesar 71,64% dengan factor dominan losses pada idling & minor stoppages
5	Diskusi masalah OEE	PT. X	OEE	Dianra Alvira, Yanti Heliyanty, Hendro Prasetyo (2015)	Tingkat OEE 55,192% yang jauh dari standard dengan factor yang sangat berpengaruh yaitu performance rate dengan rata-rata kerugian terbesar adalah reduce speed dan idle minor and stoppages

6.	Sering terjadi kerusakan mesin	Perusahaan alat-alat listrik	OEE dan FMEA	Irma Rizkia, Hari Adianto, Yoanita Yuniati (2015)	OEE 32,706% dan masih jauh dari standard, losses terbesar terdapat pada reduce speed, idle minor and stoppages, dan defect inprocess
7.	Belum ada perhitungan sama sekali terhadap mesin-mesin PT. Surya raya Rubberindo	PT. Surya Raya Rubberindo	OEE	Nia budi Puspitasari, Avior Bagas E. (2015)	Hasil OEE Bias Cutting Line 83,49% dan Mixer banbury 270L 71,07%, dengan factor utama losses adalah Reduce speed losses dan memberikan usulan perbaikan yang dapat diterapkan
8.	Mesin Produksi sering mengalami kerusakan	UD Hidup Baru	OEE dan FMEA	Anwar, Syukriah, Moslem (2016)	OEE 44%-60% yang jauh dari standard dengan diketahui kegagalan produksi diketahui dari mesin da nada beberapa tindakan untuk mengurangi six big losses
9.	Usulan indikator yang mengadopsi OEE	Perusahaan Otomotif di Brazil	Bio-MCDEA dan OEE	Aneirson Francisco da Silva, Fernando AugustoSilva Marins, Patricia Miyuki Tamura, Erica Simenes Dias (2017)	Dengan Bio-MCDEA dan OEE menghasilkan model baru OME, dengan OME dimungkinkan untuk menyusun peringkat efisiensi baru yang membantu dalam mengambil keputusan
10.	Pelaksanaan TPM masih belum optimal	PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik tuban	OEE	Tofiq Dwiki Darmawan, Bambang Suhardi (2017)	OEE masih di bawah standard dan factor utama rendahnya OEE adalah breakdown losses dan paling signifikan berdasarkan fishbond diagram adalah 5 faktor: manusia, mesin, metode, lingkungan dan material

No	Masalah Penelitian	Tempat	Metode	Penulis	Hasil
11.	Mesin mempunyai Downtime yang tinggi	PT. XYZ	OEE dan LCC	Arvindha Ramaditya, Fransiskus Tatas Dwiatmaji, Endang Budiasih (2018)	Total LCC Rp. 1.945.162,- dengan jumlah maintenance kru optimal sebanyak 1 orang pershift, OEE 79,05% dan belum standard, six big losses tinggi karena idling and minor stoppages
12.	Ingin mengetahui kinerja mesin GF FSSZ	PT. PRN	OEE and fishbon diagram	Hermanto (2018)	OEE 44,22 – 52,68% - dibawah standard dengan pengaruh losses terbesar adalah idle minor and stoppages 47,69% dan hasil fishbond diagram ada 5 faktor: manusia, mesin, material, metode, dan lingkungan
13.	Untuk mengetahui seberapa besar nilai OEE	PT. Pabrik Baja Terpadu	OEE	Restyoko Adham kameiswara, Arif Budi Sulistyo, wawan gunawan (2018)	Terdapat masalah pada bearing motor penggerak cooling pump yang diselesaikan dengan pembuatan jadwal rutin pelumasan dengan periode 4000 jam beroperasi dan kecepatan motor 1.465 Rpm
14.	Untuk mengetahui dan meminimumkan losses	PT. Indonesia Toray Synthetics, tangerang	OEE and Why Analysis	Eko Kustiawan (2018)	Dengan Why Analisis dapat diketahui tingkat permasalahan yang terjadi sehingga dapat dilakukan improvement yang nantinya dapat meningkatkan OEE
15.	Mesin CTCM memiliki downtime tertinggi	PT. Krakatau Steel Tbk.	OEE	Elian Kuncoro, Denny Atmaja (2018)	OEE 45,242% dan losses tertinggi terdapat pada idle and minor stoppages

16.	Perkembangan teknologi baru yang memaksa untuk melakukan perubahan	Sector manufaktur	OEE	Raghed Ibrahim Esmaeel, Norhayati Zakuan, noriza Mohd Namal, Hamed Taherdoost (2018)	Pendekatan OEE diketahui sebagai pendekatan untuk memastikan reliability operasi produksi dan penilaian terhadap hubungan antara Business performance dan Fit Manufacturing dengan mediasi OEE
17.	Kesuksesan eliminasi six big losses merupakan factor sukses pertumbuhan laba perusahaan	Perusahaan Baja	OEE and PLS SEM	Untung Mardono, Erry Rimawan, Tanto Pratondo, Irma Saraswati (2019)	Untuk meningkatkan laba, improvement prioritas adalah dengan eliminasi six big losses
18.	Untuk mempelajari factor-faktor kritis dan potensi jebakan ketika mencoba memperkirakan secara otomatis pada OEE	Manufaktur general	OEE	Zhang Heng, Li Aiping, Xu Liyun, Giovanni Moroni (2019)	Estimasi OEE otomatis dengan pertimbangan ketidakpastian durasi penghentian, kecepatan produksi, dan kerugian kualitasdibanding dengan perhitungan OEE konvensional yang didasar pada data akurat. Karena ketidakpastian, maka mungkin data yang dikumpulkan tidak akurat sehingga dengan menganalisis factor kritis dan potensi jebakan, dua metode yaitu fuzzy dan aritmatika interval diusulkan untuk mengeloal ketidakpastian yang bisa diperluas dengan metode OLE (Overall Line Effectiveness) dan OPE (Overall plant Effectiveness)
19	Ketidakmampuan perusahaan farmasi mencapai	Perusahaan Farmasi	OEE, RSM	Okpala Charles Chikwendu, Anozie Stephen	Hasil studi bahwa OEE meningkatkan kinerja peralatan, mengkonfirmasi temuan Ravishankar et al. (1992), dan Okpala et al.

	peralatan yang optimal serta ketersediaan mesin dan sumber daya yang semakin ditingkatkan			Chima, Mgbemena Chika Edith (2020)	(2018), karena ini adalah cara yang efektif untuk menganalisis kinerja peralatan, danjuga memperhitungkan enam kerugian besar. Dengan TPM diyakini oleh penulis akan memungkinkan produsen untuk melakukan pergeseran penekanan dari memenuhi kebutuhan pelanggan menjadi melebihi harapan pelanggan.

KONSEP PENGUKURAN OEE DAN RSM

Sistem Manajemen Pemeliharaan

Kebijakan industri di Indonesia hingga kini belum memberikan perhatian yang memadai pada mekanisme-mekanisme yang dapat mendorong penyebaran luas dan teknologi praktek terbaik (*best practice technologies*). Kebijakan Industri tersebut bisa membantu industri-industri manufaktur Indonesia untuk bersaing dengan lebih baik di pasar internasional. Untuk itu, suatu perusahaan perlu dapat menciptakan pasar strategis yang unik, sehingga kompetisi tak lagi relevan (Kim, 2005).

Produktivitas merupakan suatu hal penting yang harus dipertimbangkan perusahaan dalam mengelola kegiatan operasionalnya. Minimalisasi waste, penjadwalan perawatan pada mesin-mesin produksi merupakan bagian dari upaya peningkatan produktivitas tersebut(Lukmandono et al., 2019). Upaya-upaya ini secara kontinue harus dilakukan dengan cara membuat perencanaan strategis mulai hulu hingga hilir(Soni & Kodali, 2011).

Industri manufaktur merupakan salah satu penopang penting dalam kegiatan industri yang berkembang saat ini sehingga kehandalan industri-industri dapat dicapai melalui perawatan dan penjadwalan peralatan yang baik. *Total Productive Maintenance*(TPM) merupakan salah satu metode untuk memperoleh kesempurnaan dalam tiga hal yaitu; perencanaan, pengorganisasian, dan pengawasan. TPM mempunyai delapan pilar yaitu; pemeliharaan mandiri, perbaikan yang terfokus, pemeliharaan terencana, pemeliharaan berkualitas, pendidikan dan pelatihan, keselamatan, kesehatan dan lingkungan, TPM*office* dan manjemen pengembangan (Liu et al., 2011).

Dalam tiga dekade terakhir, persepsi dasar dari fungsi-fungsi pemeliharaan telah mengalami perkembangan, dimana dalam upaya mendukung suatu produksi fungsi pemeliharaan harus mampu memastikan ketersediaan peralatan untuk menghasilkan produk dengan kualitas dan kuantitas yang dibutuhkan. Dukungan dari fungsi pemeliharaan juga harus bisa dilakukan dengan aman dan dengan biaya yang efektif(Oktaria, 2011). Perspektif yang lebih luas dari pemeliharaan adalah merupakan rekayasa tindakan dan

keputusan terkait yang diperlukan dan cukup untuk memberikan kemampuan khusus secara optimal, kemampuan dalam arti usaha untuk melakukan tindakan tertentu dalam berbagai tingkat kinerja yang meliputi fungsi, kapasitas, kecepatan, kualitas dan respon (*Maintenance Engineering Society of Australia*).

***Total Productive Maintenance* (TPM)**

TPM pada awalnya diciptakanoleh Nakajima lebih dari 20 tahun lalu dan sampai hari ini masih dianggap sebagai filososfi manajemen perusahaan yang terkemuka (Hariani et al., 2016). TPM merupakan seperangkat program partisipasif yang dirancang untuk peningkatan efektivitas peralatan yang bertujuan:

1. Mengeliminasi 6 kerugian besar yang biasa disebut *Six Big Losses* untuk memaksimalkan efektivitas peralatan
2. Restorasi peralatan ke kondisi operasi yang optimal
3. Mengeliminasi percepatan kerusakan
4. Aktivitas *Autonomus Maintenance*untuk memaintance kondisi peralatan
5. Meningkatkan efisiensi dan efektivitas fungsi *maintenance*
6. Memaintain peningkatan dan pengembangan system *maintenance* untuk umur peralatan

Menurut Nakajima dalam (Guariente et al., 2017), jika dilihat dari namanya, TPM terdiri dari tiga suku kata yaitu; *Total, Productive, and Maintenance.* Total menunjukkan arti melibatkan seluruh personil atau anggota yang ada mulai dari tingkatan atas hingga tingkatan bawah untuk mempertimbangkan berbagai aspek. *Productive* menitik beratkan pada segala usaha untuk melakukan pemeliharaan agar kondisi produksi tetap berjalan lancar dan meminimalkan masalah-masalah yang sering terjadi pada saat proses produksi. Maintenance yang berarti memelihara dan menjaga peralatan secara mandiri yang dilakukan oleh operator produksi agar peralatan selalu dalam kondisi optimal dengan jalan membersihkan, melumasi, dan merawat(Hariani et al., 2016).

TPM merupakan sebuah pendekatan daur hidup yang terintegrasi dengan pemeliaraan yang dapat dimanfaatkan dengan efektif oleh organisasi untuk mengembangkan keterlibatan pekerja pada setiap

langkah proses manufaktur dan pemeliharaan fasilitasuntuk medapatkan keefektivan aliran produksi, meningkatkan kualitas produk, dan mengurangi biaya operasi. Keterlibatan dari seluruh pekerja, pemeliharaan mandiri, aktivitas-aktivitas untuk meningkatkan kehandalan, pemeliharaan, produktivitas peralatan, serta perbaikan berkelanjutan merupakan prinsip-prinsip yang tercakup dalam TPM (Jonsson & Lesshammar, 1999).

Overall Equpiment Effectiveness (OEE) Dan *Six Big Losses*

Overall Equipment Effectiveness merupakan suatu metric praktik terbaik untuk memantau dan meningkatkan efisiensi proses manufaktur seperti mesin, peralatan, jaliur perakitan dan lain lain, sehingga OEE bisa dikatakan sederhana, praktis, dan mempunyai kekuatan penuh (Singh et al., 2013). Menurut Seiichi Nakajima dalam (Limantoro & -, 2013), OEE merupakan suatu metode pengukuran yang menampakkan semua biaya tidak langsung atau bahkan biaya tersembunyi, sehingga alasan inilah yang menjadi salah satu kontribusi penting OEE.

Dengan teridentifikasinya kerugian tersembunyi, maka bisa diketahui berapa pemborosan besar yang tidak disadari. Ada enam kerugian peralatan yang menyebabkan rendahnya kinerja mesin dan peralatan (Chikwendu et al., 2020). Keenam kerugian tersebut dikenal dengan istilah *Six Big Losses* yang digolongkan mejadi 3 jenis, yaitu:

1. *Downtime Losses*
   Downtime losses merupakan kehilangan waktu karena berhentinya mesin ataun peralatan sehingga tidak bisa beroperasi secara normal yang terdiri dari:
   a. Kerugian karena Kerusakan (*breakdown Losses*), yang disebabkan oleh berhentinya mesin dan peralatan karena sesuatu hal sehingga membutuhkan perbaikan sehingga kerusakan bisa terdiri dari waktu rehat (Downtime) yang dialami pekerja dan waktu perbaikan dari mesin dan peralatan yang rusak.

b. Kerugian karena Pengaturan dan Penyesuaian (*Setup and Adjustment Losses*), disebabkan adanya kondisi mesin atau peralatan waktu beroperasi seperti kegiatan menyalakan mesin dan penyesuaian bagian waktu kerja (*Shift*).

Ketersediaan waktu atau *availability time*bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Perolehan *Availability Time*

<table>
<tr><td colspan="3">TOTAL AVAILABLE TIME</td></tr>
<tr><td colspan="2">LOADING TIME (Planned Operating Time)</td><td>PLANNED DOWNTIME</td></tr>
<tr><td>OPERATING TIME</td><td>BREAKDOWN
SET-UP
ADJUSTMENT</td><td></td></tr>
</table>

Tabel di atas merupakan tabel perolehan Availability Time yang merupakan seluruh waktu yang tersedia untuk proses produksi dan bisa disebut juga schedule Time. Sedangkan *loading time* adalah seluruh waktu yang tersedia setelah dikurangi planned downtime atau downtime yang telah direncanakan sebagai bagian dari TPM yang biasanya terdiri dari Clean (membersihkan), Inspect (inspeksi), dan Lubricant (memberi pelumas) pada mesin. Untuk operating time sendiri merupakan hasil waktu loading time setelah dikurangi Kerusakan (*breakdown Losses*) dan Pengaturan dan Penyesuaian (*Setup and Adjustment Losses*).

Ukuran rasio ketersediaan waktu adalah sebagai berikut:

Availability = (Operating Time/Planned Operating Time) x 100%
atau
Availability = (Operating Time/Loading Time) x 100 % ..... (1)

2. *Speed Losses*
   Kerugian Kinerja Mesin atau performance merupakan kerugian prestasi kinerja suatu mesin yang erat

hubungannya dengan daya guna mesin sehingga bisa diketahui seberapa baik mesin dapat melakukan operasi sesuai dengan kapsitas yang telah ditentukan, yang terdiri dari:

a. Kerugian karena Berhenti Sejenak (*Small Stop/Idling Minor Losses*), disebabkan oleh kejadian-kejadian mesin berhenti sejenak, kemacetan mesin, dan waktu menganggur (*Idle time*) dari mesin. Pada dasarnya kerugian tersebut tidak dapat dideteksi secara langsung tanpa adanya alat pelacak, dan pada saat operator tidak dapat memperbaiki dalam waktu yang ditentukan.
b. Kerusakan karena Kehilangan Kecepatan (*Speed Losses/Reduce Speed*), merupakan kerugian karena mesin tidak bisa bekerja secara optimal sesuai dengan actual spesifikasinya sehingga pada kecepatan yang lebih tinggi, secara teoritis akan terjadi penurunan kualitas produk.

Kinerja atau Performance mesin bisa dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. Perolehan Nilai Performance

OPERATING TIME	
NET OPERATING TIME	IDLING MINOR REDUCE SPEED

Tabel di atas merupakan tabel perolehan Nilai Performance atau kinerja mesin yang didapatkan dengan mengetahui Operating Time terlebih dahulu yang selanjutnya dikurangi waktu yang terbuang dari Idling Minor dan Reduce Speed sehingga bisa diketahui Net Operating Time.Jika sudah diketahui Net Operating Time dan Operating Time, maka formula yang digunakan untuk mengukur rasio ini, yaitu:

Performance = (Net Operating Time/Operating Time) x 100% ..... (2)

3. *Defect Losses*

Kerugian karena kualitas produk merupakan kerugian yang disebabkan oleh kualitas produk cacat yang terdiri dari:

a. Kerugian karena Kecacatan Produk (*Defect losses*) dan Daur Ulang (*Rework Losses*), merupakan kerugian karena produk tidak sesuai dengan spesifikasi yang terjadi pada operasi normal sehingga produk seperti ini harus dibuang atau diproduksi ulang. Kerugian ini meliputi biaya tenaga kerja untuk melakukan daur ulang dan biaya material yang terbuang.
b. Kerugian Nisbah (*Yield Losses*), disebabkan material yang tidak terpakai atau sampah bahan baku yang dibagi menjadi dua bagian, yaitu; pertama, sampah bahan baku karena salah desain, metode manufaktur, dan peralatan yang mengalami gannguan; kedua, kerusakan produksi yang disebabkan oleh adanya pengaturan presisi (*adjusting*) dan pada saat mesin melakukan pemanasan (belum pada kondisi stabil) sehingga benyak terjadi kegagalan. Kerugian Nisbah atau disebut *Yield Losses* merupakan kerugian dari kecacatan produk pada saat start-up maupun Ramp-Down.

Rasio kualitas produk menggambarkan kemampuan mesin dan peralatan menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi. Formula yang digunakan untuk pengukuran rasio ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 5. Perolehan Nilai Quality

NET OPERATING TIME	
VALUABLE OPERATING TIME	DEFECT LOSSES REDUCE YIELD

Tabel di atas merupakan tabel perolehan nilai quality dimana rumus yang digunakan untuk pengukuran rasio ini adalah sebagai berikut:

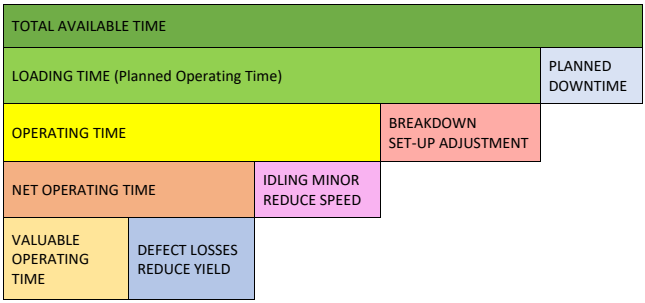
Quality = (Valuable Operating Time/Net Operating Time) x 100%

Atau

Quality = (Good Output/Actual output) x 100% ……. (3)

Berdasarkan keseluruhan data di atas, dapat diketahui secara pemetaan perhitungan nilai OEE sebagai berikut:

Tabel 6. Perolehan Nilai OEE



Tabel di atas merupakan tabel perolehan nilai OEE dimana rumus untuk mendapatkan nilai OEE adalah sebagai berikut:

OEE = Availability (%) x Performance (%) x Quality (%) ……. (4)

Sesuai hasil benchmark dari *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) dalam (Kameiswara et al., 2018), nilai OEE dari mesin dan peralatan dalam kondisi ideal yang merupakan standard dari perusahaan kelas dunia adalah 85% dengan komposisi rasio sebagai berikut:

Ketersediaan waktu 90% atau lebih
Kinerja Mesin 95% atau lebih
Kualitas Produk 99% atau lebih

Perhitungan six big losses sendiri, dapat diketahui dengan menghitung prosentase dari:

Downtime losses
Breakdown Losses
(Total Breakdown/Loading Time) x 100%..... (5)
Set-up Adjustment Losses
(Set-up Adjustment/Loading Time) x 100%..... (6)

Speed Losses
Idling Minor
(Idling Minor/Operating Time) x 100 %..... (7)
Reduce Speed
(Reduce Speed/Operating Time) x 100 %..... (8)

Quality Losses
Defect Losses
(Defect Losses/Net Operating Time) x 100 %.....(9)
Yield Losses
(Yield Losses/Net Operating Time) x 100 %.....(10)

***Respons Surface Methodology* (RSM)**
RSM merupakan metode untuk mengeksplor kondisi optimal melalui metode eksperimental yang biasanya melibatkan aksi-aksi beberapa percobaan dengan menggunakan hasil dari satu percobaan utnuk mempersiapkan apa yang akan dilakukan selanjutnya. Langkah selanjutnya dapat berfokus pada serangkaian percobaan pada kondisi yang berbeda atau untuk mengumpulkan lebih banyak data di wilayah percobaan saat ini agar sesuai dengan model order tinggi atau mengkonfirmasi apa yang diyakini telah ditemukan(Lenth, 2012).

RSM merupakan teknik untuk menentukan desain percobaan, pengembangan model, evaluasi efek dari beberapa faktor, dan mencapai kondisi optimal untuk respon yang diinginkan dengan sejumlah percobaan yang direncanakan. RSM membantu untuk menunjukkan bagaimana respon tertentu dipengaruhi oleh serangkaian variable input sekilas terhadap beberapa wilayah tertentu yang diminati, dan nilai input apa yang akan menghasilkan maksimum atau minimum untuk respon yang spesifik (Jonsson & Lesshammar, 1999).

RSM awalnya dikembangkan untuk tujuan menentukan kondisi optimal di industri kimia, tetapi sekarang digunakan dalam berbagai bidang dan aplikasi sehingga tidak hanya dalam ilmu fisika dan teknik, tetapi juga dalam biologi, klinis, dan sosial (Trinh & Kang, 2010). RSM adalah kumpulan teknik statistik dan matematika yang berguna untuk mengembangkan, meningkatkan, dan mengoptimalkan produk dan proses dengan aplikasi yang paling luas terutama dalam situasi dimana di beberapa variable input berpotensi mempengaruhi beberapa ukuran kinerja, produk, mapun proses. RSM dimulai dari *design of experiment* (DOE) untuk menentukan nilai-nilai faktor dalam melakukan percobaan dan pengumpulan data, dimana data tersebut kemudian digunakan untuk mengembangkan model empiris yang menghubungkan respons proses dengan faktor-faktor tersebut yang selanjutnya fasilitas model digunakan untuk mencari respon proses yang lebih baik(HE Zhen, 2013).

Metode RSM merupakan metode yang popular untuk optimasi yang bisa diaplikasikan diberbagai kondisi. Kegunaan RSM adalah mencari fungsi pendekatan yang cocok untuk meramalkan respon yang akan datang, selain itu, RSM umumnya bisa digunakan untuk menentukan nilai-nilai variabel bebas yang mengoptimalkan respon yang dipelajari (Ratnawati et al., 2012).

Dari semua pendapat para peneliti di atas, (Khuri & Mukhopadhyay, 2010)membagi tahapan pengembangan metode RSM menjadi tiga bagian yaitu;

a. Bagian I (Periode 1951 – 1975), merupakan RSM yang dikembangkan secara kalsik dimana yang temasuk di dalamnya adalah tinjauan desain eksperimen dasar untuk pemasangan model permukaan respons linier.
b. Bagian II (Periode 1976 – 1999), merupakan RSM yang membahas teknik permodelan yang lebih baru selain cakupan desain parameter kuat Taguchi dan pendekatan alternative permukaan responnya.
c. Bagian III, merupakan RSM yang memberikan cakupan ekstensi lebih lanjut dan arah penelitian menuju pada RSM modern.

Root Cause Failure Analysis (RCFA)

RCFA merupakan sistem pendekatan analisis kegagalan untuk mengetahui dan membahas secara rinci sebuah kerusakan yang belum diketahui penyebabnya (Efsing et al., 2005). RCFA dikenal sebagai sebuah aplikasi berantai untuk membuat sistem analisa kerusakan, identifikasi data – data yang sesuai dengan kerusakan sehingga muncul proses pemahaman dan pemecahan pokok suatu kerusakan. Banyak sekali bentuk – bentuk metode yang terdapat pada RCFA salah satunya adalah *Fish Bones Diagrams*(Diagram Tulang Ikan). Metode diagram tulang ikan merupakan metode yang sangat berguna untuk permasalahan kerusakan yang sangat kompleks dengan tipe yang dapat mengidentifikasi semua faktor potensial yang berpengaruh pada suatu permasalahan (R12Vorley, 2008).

Dengan penggunaan metode RCFA, maka akan didapatkan suatu konsep bagaimana, mengapa, apa, dan kapan hal tersebut dapat mencegah terjadinya kerusakan lagi. Konsep five “W” tersebut dapat membantu dalam mengetahui secara rinci apa saja permasalahan dari suatu kerusakan sehingga tidak terjadi kerusakan yang berulang

– ulang (White et al., 2011). Beberapa keuntungan yang bisa diambil dari penggunaan metode RCFA, antara lain:

a. Meningkatkan nilai OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), mesin – mesin produksi akan berjalan dan bekerja secara optimal karena tidak ada gangguan sehingga kualitas produk terjaga
b. Mengurangi biaya pengeluaran, dengan penerapan RCFA, bisa mengurangi biaya pengeluaran akibat perbaikan dari kerusakan mesin atau peralatan yang selalu berulang.
c. Pembelajaran, siapapun yang terlibat dalam analisis RCFA, akan memperoleh kemampuan dan keahlian yang sangat bagus karena bisa memahami bagaimana mesin beroperasi dan apa saja yang dapat mempengaruhi kinerjanya.
d. Keselamatan kerja dan lingkungan , RCFA akan bisa meminimalisasi kerusakan mesin yang dapat mempen garuhi lingkungan dan kinerja mesin sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan di sekitar lingkungan mesin.
e. Kesehatan mental, permasalahan yang sangat sulit dapat menyebabkan karyawan yang menjalankan dan merawat mesin tersebut menjadi frustasi sehingga dengan RCFA akan dapat meningkatkan moral karyawan sehingga akan menggunakan metode tersebut setiap terjadi kerusakan.

Implementasi Pengukuran OEE pada Mesin GDX2-NV dan C-600

Pendekatan OEE dilakukan dengan cara mengalikan tiga variabel yaitu *Availability, Performance,* dan *Quality.* Dari perhitungan ini didapatkan hasil berupa prosentase OEE. Hasil output losses paling signifikan yang nantinya akan dilakukan pengamatan dengan menggunakan metode *Root Cause failure Analysis* sebagai usaha agar *losses* tersebut tidak terulang kembali sehingga bisa mengurangi *losses* mesin yang signifikan dan mampu menjaga maupun memberikan kestabilan produktivitas mesin.

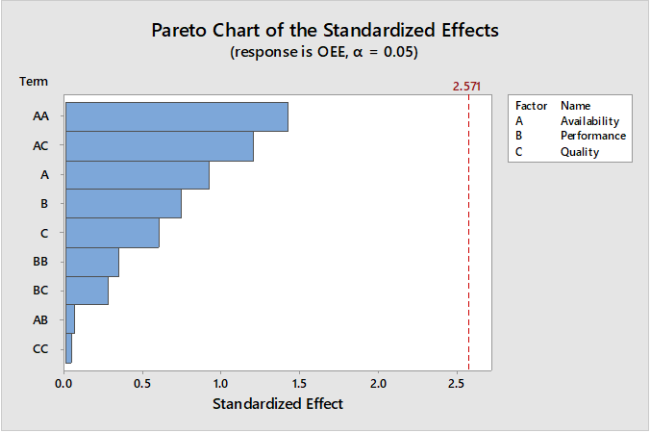
Hasil output berupa prosentase OEE (*Availability, Performance,* dan *Quality*) kemudian dihitung dengan metode RSM dengan bantuan

aplikasi Minitab 18 sehingga didapatkan hasil respons optimum. Setelah diketahui output dari pendekatan OEE dan pendekatan RSM, maka dapat diketahui perbandingan antara kedua pendekatan tersebut. Perhitungan nilai *availability, performance*, dan *quality* menggunakan persamaan (1) s/d (10) dengan data pengukuran selama 15 bulan, dimulai Bulan September 2018 hingga Bulan Desember 2019. Hasil perhitungannya sebagai berikut :

Tabel 7. Nilai Availability, Performance, dan Quality

Bulan-Tahun	Availability (%)	Performance (%)	Quality (%)
Sept-2018	91.38	94.26	98.91
Oct-2018	90.52	91.90	99.77
Nop-2018	89.93	93.58	99.82
Dec-2018	89.29	93.80	99.82
Jan-2019	87.26	90.74	99.14
Peb-2019	90.34	92.08	99.41
Mar-2019	93.36	90.78	99.59
Apr-2019	93.04	90.31	99.62
May-2019	93.55	90.28	99.46
Jun-2019	92.07	91.59	99.37
Jul-2019	92.41	91.24	99.40
Aug-2019	93.73	90.99	99.30
Sept-2019	91.95	90.24	99.19
Oct-2019	92.08	89.98	99.33
Dec-2019	84.01	87.51	99.70

Data tersebut dimasukkan dalam software minitab 18 dengan memilih metode Response Surface box benken sehingga akan muncul hasil sebagai berikut:



Gambar 2. *Pareto Chart of the Standardized Effects*

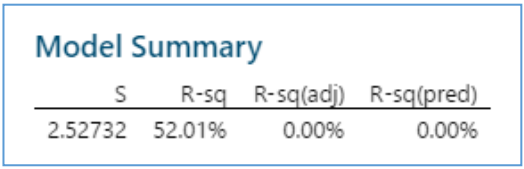
Gambar di atas merupakan diagram pareto hasil output dari software minitab 18 yang menjelaskan tentang efek standarisasi tiga faktor OEE yang terdiri dari Availability, Performance, dan Quality terhadap respon yang berupa OEE dengan tingkat error 0.05 dimana dari ketiga variable OEE tersebut terlihat diagram batang yang menunjukkan pengaruh antara ke-tiga variabel.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	34.6144	3.8460	0.60	0.761
Linear	3	11.2701	3.7567	0.59	0.649
Availability	1	5.4516	5.4516	0.85	0.398
Performance	1	3.5088	3.5088	0.55	0.492
Quality	1	2.3098	2.3098	0.36	0.574
Square	3	13.5151	4.5050	0.71	0.589
Availability*Availability	1	12.9980	12.9980	2.03	0.213
Performance*Performance	1	0.7400	0.7400	0.12	0.747
Quality*Quality	1	0.0095	0.0095	0.00	0.971
2-Way Interaction	3	9.8292	3.2764	0.51	0.691
Availability*Performance	1	0.0241	0.0241	0.00	0.953
Availability*Quality	1	9.3126	9.3126	1.46	0.281
Performance*Quality	1	0.4926	0.4926	0.08	0.792
Error	5	31.9367	6.3873		
Lack-of-Fit	3	31.3992	10.4664	38.94	0.025
Pure Error	2	0.5375	0.2688		
Total	14	66.5511			

Gambar 3. *Analysis Variance Surface* Metode OEE

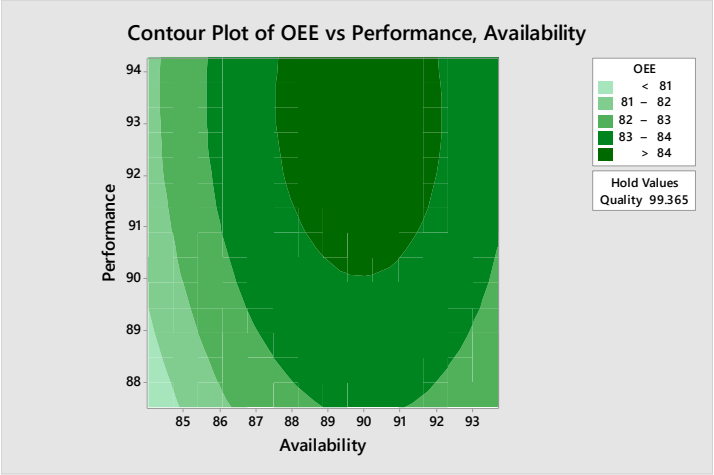
Untuk nilai dari model linier, p-value semua mempunyai nilai di atas 0.05 sehingga masing-masing variabel yang berupa Availability, Performance, dan Quality tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap OEE. Sedangkan untuk model square, p-value mempunyai nilai di atas 0.05 sehingga model square antar variabel tidak memiliki pengaruh signifikan. Model terakhir yaitu model 2-way interaction mempunyai nilai di atas 0.05 sehingga model ini bisa dikatakan bahwa interaksi antara dua variabel sangat tidak berpengaruh signifikan terhadap respon.


Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2.52732	52.01%	0.00%	0.00%

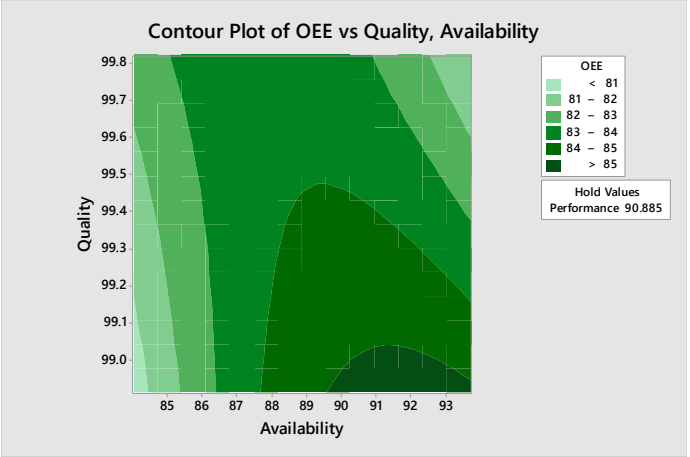
Gambar 4. Model Summary Surface Methode OEE

Gambar di atas merupakan model summary atau ringkasan tentang besarnya pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, dimana variabel bebas disini yaitu Availability, Performance, dan Quality memiliki nilai prosentase sebesar 0.00 % yang mempunyai arti bahwa variabel-variabel bebas tersebut secara simultan atau bersama-sama tidak berpengaruh terhadap variabel terikatnya yaitu OEE.



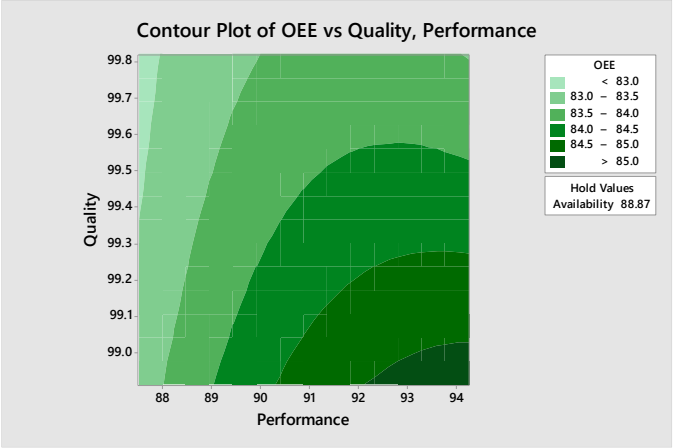
Gambar 5. *Contour Plot OEE vs Availability, Performance*

Gambar di atas merupakan countour plot OEE dengan performance dan availability dimana nilai Quality di tahan atau di setting pada nilai 99.365. Countour plot antara availability dengan performance terhadap OEE dapat dilihat dari plot di atas, dimana respons warna hijau pekat merupakan area OEE > 84% dengan response yang optimal.



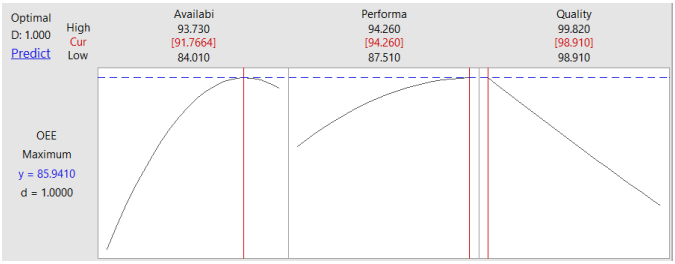
Gambar 6. Contour Plot of OEE vs Availability, Quality

Gambar di atas merupakan countour plot OEE dengan Quality dan availability dimana nilai Performance di tahan atau di setting pada nilai 90.885. Countour plot antara availability dengan quality terhadap OEE dapat dilihat dari plot di atas, dimana respons dengan warna hijau pekat merupakan area dengan nilai OEE > 85% sehingga bisa dikatakan bahwa daerah dengan warna hijau pekat merupakan area optimal.



Gambar 7. Contour Plot of OEE vs Performance, Quality

Gambar di atas merupakan countour plot OEE dengan performance dan quality dimana nilai availability di tahan atau di setting pada nilai 88.87. Countour plot antara performance dengan quality terhadap OEE dapat dilihat dari plot di atas, dimana respons dengan warna hijau pekat merupakan area dengan nilai OEE > 85% yang merupakan nilai optimal.



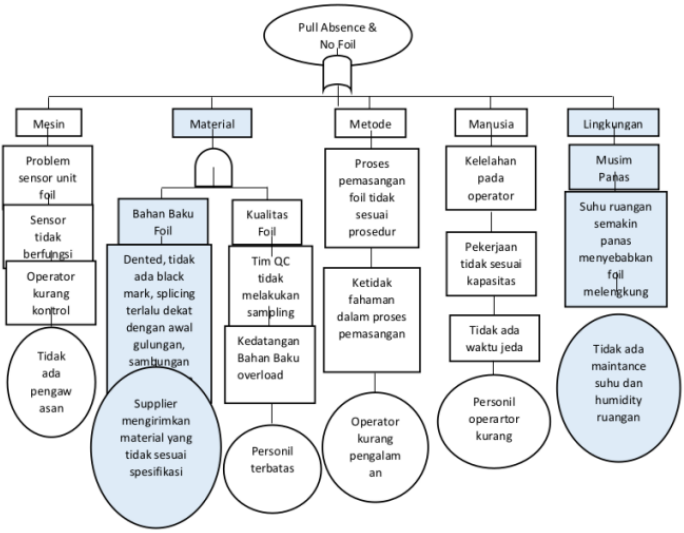
Gambar 8. Response Optimizer of OEE

Gambar di atas merupakan respon optimal dari OEE hasil output *software* minitab 18. Nilai optimum diprediksi akan mencapai titik optimal yaitu nilai 85.9410 dengan nilai *Availability* sebesar 93.730, *Performance* sebesar 94.260, dan *Quality* sebesar 99.820. Jadi,

dengan metode Response Surface dengan software minitab 18, bisa diprediksi nilai OEE optimal sebesar 85.95%. Nilai OEE yang mencapai 85% merupakan nilai dari produksi kelas dunia dan bisa dijadikan goal jangka panjang oleh PT. X.

Root Cause Failure Analysis Losses

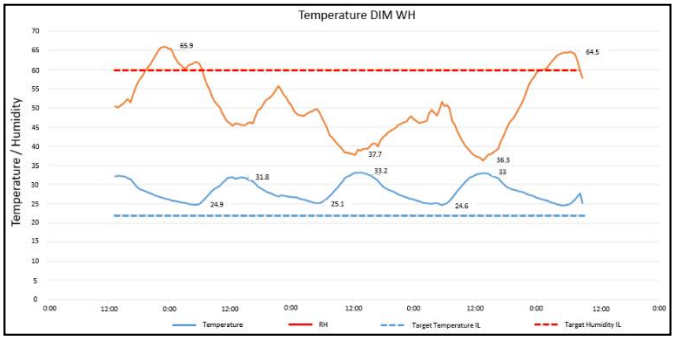
Fault Tree Analysis dilakukan untuk mengetahui adanya kejadian-kejadian kegagalan dalam proses yang menyebabkan munculnya permasalahan. Untuk masalah material pada unit Inner-liner (foil) yaitu Pull Absence dan No Foil dapat dilihat pada analisa pohon permasalahan di bawah ini:



Gambar 9. Fault Tree Analysis Pull Absence dan No Foil

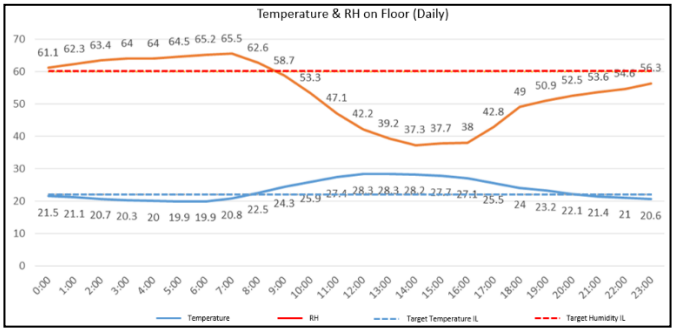
Pengecekan kondisi foil (inner-liner) dilakukan dengan cara dipotong kira-kira 15 cm dan dimasukkan dalam alat ukur yang berupa jig pada waktu bobbin menempati suhu terendah dan tertinggi dari dua tempat yaitu pada area produksi dan area ruang conditioning. Sebelum melakukan pengecekan kondisi foil (inner-liner), dilakukan

pengambilan data suhu dan RH pada gudang penyimpanan (warehouse) dimana data suhu dan RH nya adalah sebagai berikut:



Gambar 10. Temperatur & RH Warehouse

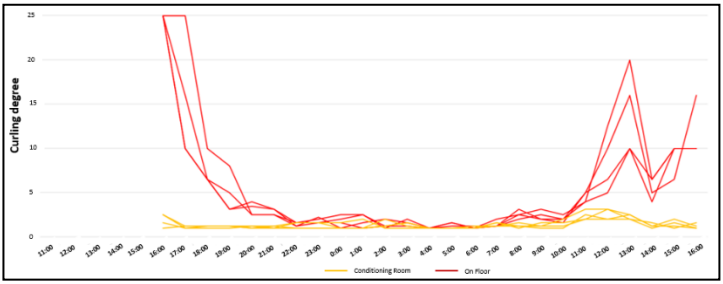
Dari gambar di atas dapat diketahui pola suhu dan humidity dimana pada jam 12 siang mengalami kenaikan suhu dan penurunan tingkat humidity dan pada jam 12 malam mengalami penurunan suhu dan kenaikan tingkat humidity.



Gambar 11. Temperatur dan RH area produksi daily

Dari gambar di atas, dapat diketahui bahwa suhu pada area produksi mengalami kenaikan mulai jam 10.00 – 16.00 dengan tingkat puncak suhu tertinggi pada jam 12.00 – 13.00.

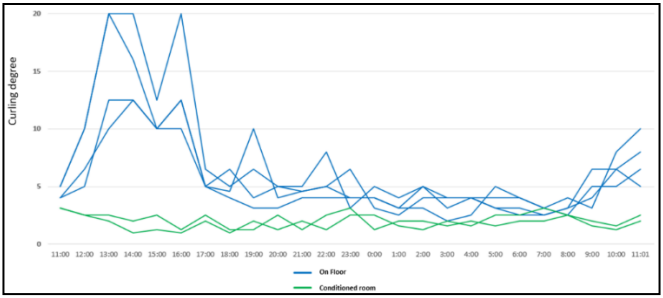
Pola bobbin tubing (melengkung/wavy) di area produksi versus area conditioning.



Gambar 12. Kondisi Bobbin Melengkung

Dari gambar di atas, dapat diketahui bobbin melengkung membutuhkan waktu 3 – 4 jam untuk mencapai kondisi flat dan bobbin yang dalam kondisi bagus akan mengalami melengkung selama suhu mengalami puncak tertinggi di area produksi, sedangkan bobbin melengkung yang ditaruh pada area conditioning room akan berubah flat dalam waktu cepat.

Pola bobbin bagus (datar) di area produksi dan area conditioning.

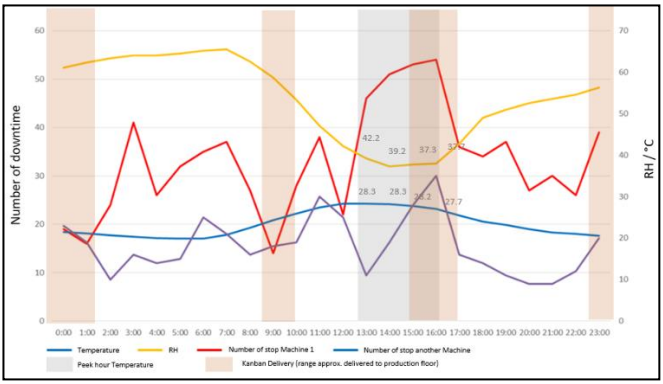


Gambar 13. Pola Bobbin flat pada area produksi dan area conditioning

Dari gambar di atas, dapat dilihat pola bobbin yang flat pada dua area yaitu area produksi dan area conditioning dimana terdapat

kemiripan pola dimana pada kondisi kritis yaitu antara jam 12.00 – 16.00 bobbin akan mengalami melengkung pada area produksi, sedangkan pada area conditioning, bobbin terlihat stabil tanpa adanya lengkungan pada visual bobbin.

Dampak suhu dan RH pada kondisi bobbin



Gambar 14. Korelasi antara suhu, humidity dengan pull absence/no foil

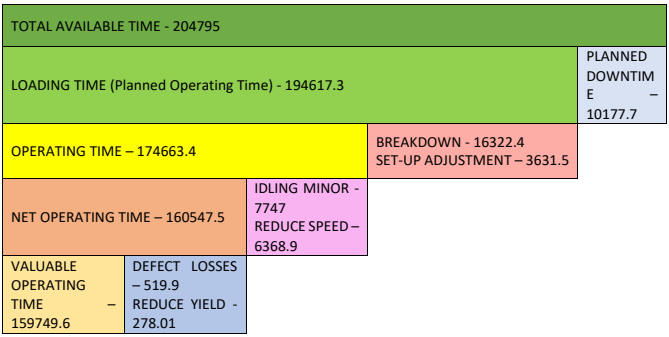
Dari gambar di atas, dapat diketahui bahwa korelasi antara suhu dan humidity dengan downtime pull absence/no foil adalah sangat signifikan dimana pada saat suhu dan humidity mengalami kenaikan, maka pull absence/no foil mengalami kenaikan pula. Sehingga bisa disimpulkan bahwa suhu dan humidity sangat berdampak sekali terhadap downtime pull absence/no foil.

Analisa OEE

Setelah seluruh data sudah didapatkan, maka dapat dihitung tingkat efektifitas keseluruhan mesin dan peralatan. Untuk menghitung tingkat efektifitas keseleuruhan mesin dan peralatan diperlukannilai availability, performance, dan quality. Nilai availability didapatkan dari rasio operating time dan loading time sehingga nilai *availability*didapatkan sebesar 89.75 %, nilai performance didapatkan dari rasio net operating time dengan operating time sehingga didapatkan nilai *performance* sebesar 91.92 %. Untuk

quality didapatkan dari rasio valuable operating time dengan net operating time sehingga didapatkan nilai *quality* sebesar 99.50 %. Melalui ketiga parameter yang telah dijelaskan sebelumnya, maka nilai OEE didapatkan dari perkalian prosentase antara availability, performance, dan quality sehingga nilai OEE dapat dihitung sebesar 82.08 %.

Prosentase nilai OEE sebesar 82.08 % merupakan nilai dibawah standard dunia yaitu 85 % sehingga menunjukkan bahwa produksi PT. XYZ masih berada dibawah standard dunia yaitu 85% sehingga masih ada peluang untuk dilakukan perbaikan sebagai upaya peningkatan produktifitas dalam mencapai skor standard dunia.kesempatan untuk melakukan improvement. Untuk mengetahui semua penunjang nilai dari OEE bisa dilihat pada matrix OEE di bawah ini:



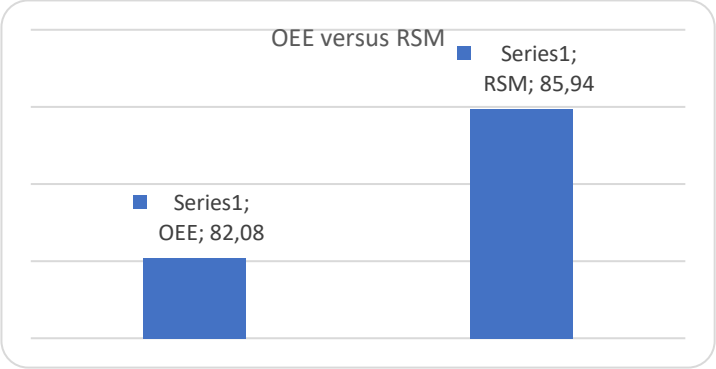
Gambar 15. Matrik Overall Equipment Effectiveness

Gambar di atas merupakan matrik yang menunjukkan gambaran global nilai – nilai pendukung OEE mulai dari availability, performance, dan quality, sehingga dapat diketahui secara keseluruhan OEE beserta six big losses yang dimiliki PT. X.

Analisa OEE Approach Vs RSM

Dari penjelasan sebelumnya, analisa hasil yang dilakukan dengan pendekatan OEE approach mendapatkan nilai OEE sebesar 82.08 %.

Sedangkan untuk perhitungan efektifitas mesin dan perlatan dengan pendekatan RSM, dapat diketahui bahwa Respon optimal dari OEE diprediksi akan mencapai nilai 85.9410 dengan nilai *Availability* sebesar 93.730, *Performance* sebesar 94.260, dan *Quality* sebesar 99.820.



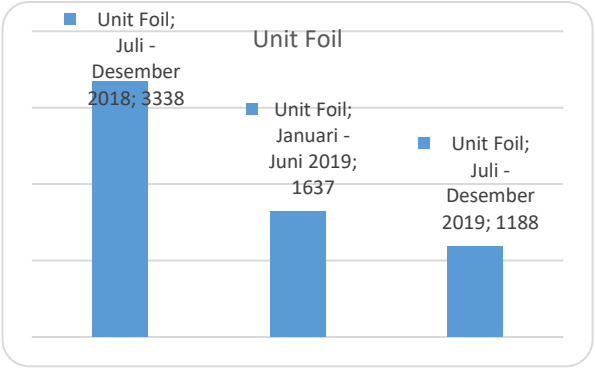
Gambar 16. OEE versus RSM

Dari gambar di atas, dapat diketahui bahwa antara nilai pendekatan OEE dan dengan pendekatan RSM memiliki selisih dikarenakan pendekatan OEE merupakan perhitungan yang sesungguhnya, sedangkan pendekatan RSM menggunakan software minitab 18 yang merupakan prediksi untuk nilai optimasi

Analisa Breakdown yang paling signifikan

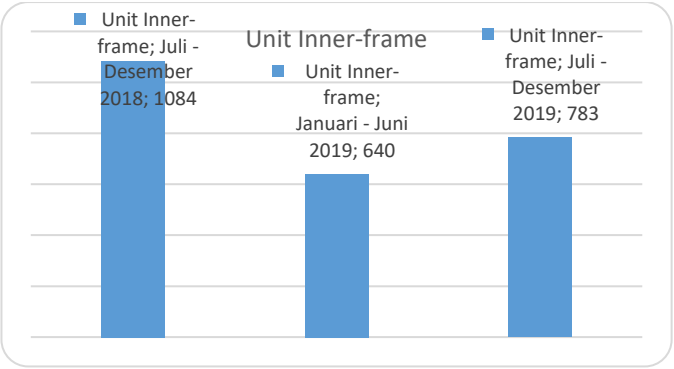
Dari analisis yang mempengaruhi penurunan efektifitas mesin adalah *breakdown* losses. *Breakdown* merupakan kegagalan karena mesin dan peralatan yang berhenti mendadak dan tidak ada hubungannya dengan masalah material. Kegagalan *idling minor* dan *reduce speed* yang menurut peneliti berhubungan dengan masalah material, sehingga penting sekali mengetahui rincian kegagalan tersebut dan melakukan improvement melalui RCFA agar kegagalan yang sama tidak terulang kembali serta produktivitas meningkat. *Idling minor* dan *reduce speed* terletak pada unit alufoil dan unit innerframe.

Pada unit foil bulan juli sampai desember 2018 terjadi 3338 stop diakibatkan foil melengkung karena suhu yang meningkat pada musim panas, sedangkan pada januari sampai juni 2019 terjadi penurunan stop yaitu 1637 karena musim hujan. Untuk bulan juli sampai desember 2019 terjadi penurunan stop yaitu 1188 karena ada improvement pengkondisian foil pada suhu ruang produksi selama kurang lebih 4 jam sebelum pemakaian. Unit innerframe pada bulan juli sampai desember 2018 terjadi stop 1084 stop karena seringnya sensor tidak membaca marking, untuk bulan Januari sampai Juni 2019 terjadi stop sebanyak 640 karena ada improve di sisi desain marking, sedangkan bulan Juli sampai desember 2019 terjadi stop sebanyak 783 karena material bleeding.



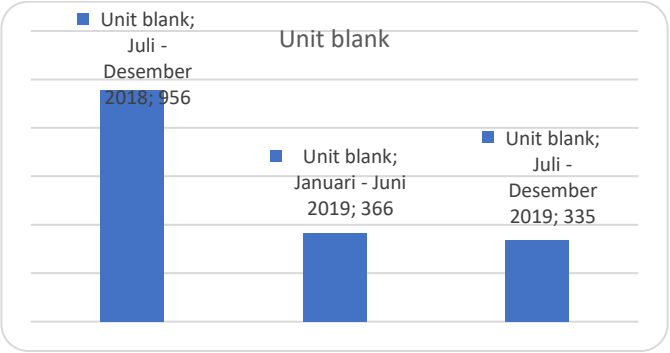
Gambar 17. Stop di Unit Foil

Dari gambar di atas, diketahui stop mesin tertinggi karena material pada unit foil dan unit innerframe. Unit foil pada bulan Juli – Desember 2018 menyumbang stop mesin sebanyak 3338 stop, bulan januari – Juni 2019 menyumbang stop mesin sebanyak 1637 stop, dan bulan Juli – Desember 2019 menyumbang stop mesin sebanyak 1188 stop



Gambar 18. Stop di unit Inner-frame

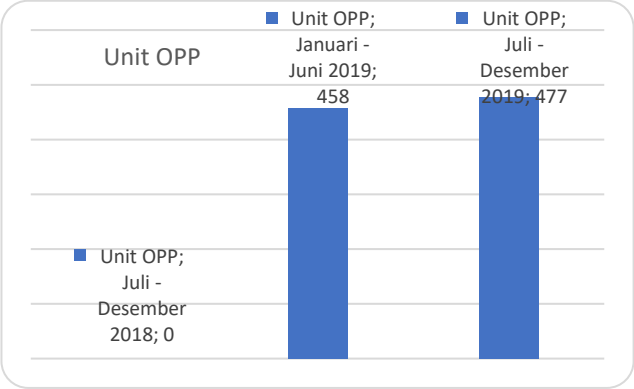
Dari gambar di atas, diketahui bulan Juli – Desember 2018 menyumbang stop sebanyak 1084 stop, bulan Januari – Juni 2019 menyumbang stop mesin sebanyak 640 stop, dan bulan Juli – Desember 2019 menymbang stop mesin sebanyak 783 stop.



Gambar 19. Stop di unit blank

Dari gambar di atas, dapat diketahui bahwa stop di unit blank pada bulan Juli – Desember 2018 menyumbang stop sebanyak 956 stop, bulan Januari – Juni 2019 menyumbang stop mesin sebanyak 366

stop, dan bulan Juli – Desember 2019 menymbang stop mesin sebanyak 335 stop.



Gambar 20. Stop di unit OPP

Dari gambar di atas, dapat diketahui bahwa stop di unit OPP pada bulan Juli – Desember 2018 menyumbang stop sebanyak 0 stop, bulan Januari – Juni 2019 menyumbang stop mesin sebanyak 458 stop, dan bulan Juli – Desember 2019 menymbang stop mesin sebanyak 477 stop.

Fokus Group Discussion (FGD)

Metode FGD digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan para expert pada lini produksi terutama mesin GDX2-NV dan C-600 beserta manajemen, sehingga peserta yang ikut serta dalam FGD rata-rata mempunyai kemampuan dan pengetahuan yang optimal di mesin GDX2-NV dan C-600. Anggota FGD akanmembahas masalah – masalah yang dihadapi mesin GDX2-NV dan C-600 dan mendapatkan umpan balik terhadap masalah – masalah tersebut.

Data hasil penelitian dijabarkan dalam FGD sehingga akan mendapatkan beberapa masukan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Semua anggota FGD akan saling membandingkan semua persepsi maupun jawaban – jawaban dari semua anggota sehingga jika ada perbedaan, anggota akan

melakukan klarifikasi sampai semua anggota sepakat dan memahami serta belajar memecahkan masalah berdasarkan masukan – masukan dari anggota lainnya. Data tersebut antara lain:

a. Hasil penelitian digunakan untuk continuous improvement
b. Penelitian tentang efektivitas mesin dan peralatan mempunyai manfaat baik untuk peneliti maupun manajemen.
c. Perbedaan persepsi akan dibahas selanjutnya pada DDS sehingga bisa menemukan solusi bersama demi kelancaran produksi.

Kesimpulan

Dari perhitungan OEE diketahui nilai availability sebesar 89.53 %, performance sebesar 92.10 %, dan quality sebesar 99.50 %. Melalui pendekatan OEE ini dapat diketahui nilai -nilai variabel penyusun OEE beserta losses yang dimiliki sehingga bisa dilakukan aktivitas perbaikan berkelanjutan agar semua losses yang terjadi bisa diminimalisasi. Untuk pendekatan RSM, Respon optimal dari OEE diprediksi akan mencapai nilai 85.9410 dengan nilai Availability sebesar 93.730, Performance sebesar 94.260, dan Quality sebesar 99.820. Performance mesin diharapkan bisa menjadi pendukung nilai OEE dimana nilai nya didapatkan dari rasio waktu mesin beroperasi dikurangi dengan reduce speed losses dan idling minor losses dengan loading time dengan hasil akhir untuk performance mesin adalah sebesar 92.10 %.

Hasil analisis menunjukkan bahwa yang mempengaruhi penurunan efektifitas mesin adalah *breakdown losses*. *Breakdown* merupakan kegagalan karena mesin dan peralatan yang berhenti mendadak dan tidak ada hubungannya dengan masalah material. Kegagalan idling minor dan reduce speed berhubungan dengan masalah material, sehingga penting sekali mengetahui rincian kegagalan tersebut dan melakukan improvement melalui RCFA agar kegagalan yang sama tidak terulang kembali serta produktivitas meningkat.

Usulan perbaikan dari sisi material bisa dilakukan pada unit foil dengan cara membuat ruangan untuk *conditioning material* sebelum digunakan, sedangkan pada unit *innerframe* dilakukan dengan improve dari sisi peralatan agar sensor diterapkan keterbaruan dan membuat join splicing otomatis sehingga stop karena material bisa berkurang dan produktifitas semakin meningkat. Pada unit blank dilakukan diskusi dengan internal supplier agar mengganti cutting blade agar burss tidak terulang kembali serta memperhatikan MC board agar wavy maupun curly tidak terjadi lagi yang dapat mempengaruhi produktifitas mesin. Pada unit OPP dilakukan diskusi dengan supplier untuk memperhatikan nilai elektrotatis material OPP sehingga tidak menambah stop mesin karena debu yang menumpuk dan harus melakukan cleaning.

Daftar Pustaka

Almeanazel, O. T. R. (2010). Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment. *Jordan Journal of MMechanical and Industrial Engineering*, *4*(4), 517–522.

Anwar, Syukriah, M. (2016). *Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) dalam Meminimalisir Six Big Losses Pada Mesin Produksi di UD . Hidup Baru*. *5*(2), 52–57.

Chikwendu, O. C., Chima, A. S., & Edith, M. C. (2020). The optimization of overall equipment effectiveness factors in a pharmaceutical company. *Heliyon*, *6*(4), e03796. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03796

da Silva, A. F., Marins, F. A. S., Tamura, P. M., & Dias, E. X. (2017). Bi-Objective Multiple Criteria Data Envelopment Analysis combined with the Overall Equipment Effectiveness: An application in an automotive company. *Journal of Cleaner Production*, *157*, 278–288. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.147

Efsing, P., Forssgren, B., & Kilian, R. (2005). Root cause failure analysis of defected J-groove welds in steam generator drainage nozzles. *Proceedings of the Twelfth International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems-Water Reactors*, *August*, 813–819.

Esmaeel, R. I., Zakuan, N., Jamal, N. M., & Taherdoost, H. (2018). Understanding of business performance from the perspective of manufacturing strategies: Fit manufacturing and overall equipment effectiveness. *Procedia Manufacturing*, *22*, 998–1006. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.142

Guariente, P., Antoniolli, I., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Silva, F. J. G. (2017). Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. *Procedia Manufacturing*, *13*, 1128–1134. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.174

Hariani, L. I., Renada, N. R., & Setiawan, T. A. (2016). *Analisis Nilai Efektivitas Mesin Injection Moulding Type ARB- 100 . 7 Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. 290–298.

HE Zhen, Z. X. and X. G. (2013). Product Quality Improvement Through Response Surface Methodology : a Case Study. *Lenth, R. V. (2012). Response-Surface Methods in R Using Rsm (Updated to Version 2.00). December, 1. Https://cran.r-Project.org/web/packages/rsm/vignettes/rsm.pdf Khuri, A. I., & Mukhopadhyay, S. (2010). Response Surface Methodology. Wiley Interdisciplina*, 120–130.

Heng, Z., Aiping, L., Liyun, X., & Moroni, G. (2019). Automatic estimate of OEE considering uncertainty. *Procedia CIRP*, *81*, 630–635. https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.167

Jauhari, G., Fitri, M., Sri, A., & Nova, D. (2019). *No Title*. *1*(2), 54–59.

Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems - the role of OEE Patrik Jonsson Magnus Lesshammar Article. *International Journal of Operations & Production Management*, *19*(1), 55–78. http://dx.doi.org/10.1108/01443579910244223

Kameiswara, R. A., Sulistyo, A. B., & Gunawan, W. (2018). *Analisa Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dalam Mengurangi Six Big Losses Pada Cooling Pump Blower Plant Pt . Pabrik Baja Terpadu*. *1*(1), 67–78.

Khuri, A. I., & Mukhopadhyay, S. (2010). Response surface

methodology. *Lenth, R. V. (2012). Response-Surface Methods in R Using Rsm (Updated to Version 2.00). December, 1. Https://cran.r-Project.org/web/packages/rsm/vignettes/rsm.pdf Khuri, A. I., & Mukhopadhyay, S. (2010). Response Surface Methodology. Wiley Interdisciplina*, *2*(2), 128–149. https://doi.org/10.1002/wics.73

Kim, W. C. (2005). Blue Ocean Strategy : *California Management Review*, *47*(3), 105–122.

Kustiawan, E. (2018). *Eko kustiawan , Analisa overall equipment efektivitas Spinning and take up machine 7 pfy factory ANALISA OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) DALAM MENINGKATKAN EFEKTIVITAS SPINNING AND TAKE UP MACHINE 7 PFY FACTORY (Studi Kasus di PT Indonesia Toray* . *9*(1), 7–13.

Lenth, R. V. (2012). Response-Surface Methods in R Using rsm (Updated to version 2.00). *Lenth, R. V. (2012). Response-Surface Methods in R Using Rsm (Updated to Version 2.00). December, 1. Https://cran.r-Project.org/web/packages/rsm/vignettes/rsm.pdf Khuri, A. I., & Mukhopadhyay, S. (2010). Response Surface Methodology. Wiley Interdisciplina*, *December*, 1. https://cran.r-project.org/web/packages/rsm/vignettes/rsm.pdf

Limantoro, D., & -, F. (2013). Total Productive Maintenance di PT. X. *Jurnal Titra*, *1*(1), 13–20.

Liu, N., Roth, A. V., & Rabinovich, E. (2011). Antecedents and consequences of combinative competitive capabilities in manufacturing. *International Journal of Operations and Production Management*, *31*(12), 1250–1286. https://doi.org/10.1108/01443571111187448

Lukmandono, Hariastuti, N. L. P., Suparto, & Saputra, D. I. (2019). Implementation of Waste Reduction at Operational Division with Lean Manufacturing Concept. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *462*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/462/1/012049

Mardono, U., Rimawan, E., Pratondo, T., & Saraswati, I. (2019). An

analysis of the effect of elimination of six big losses on increasing profitability in steel rolling mill companies. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, *9*(2), 387–398. https://doi.org/10.24247/ijmperdapr201937

Oktaria, S. (2011). *Oktaria, Susanti. (2011). Perhitungan dan Analisa Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Proses Awal Pengolahan Kelapa Sawit. Studi Kasus: PT. X. Skripsi. Universitas Indonesia, Depok*. *April*.

Pamungkas, I. B., Rachmat, H., & Kurniawati, A. (2014). Pengembangan Program Preventive Maintenance Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM II) Dan Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Di Plant Ammonia Pt Pupuk Kujang 1a. *Jurnal Rekayasa Dan Sistem Industri (JRSI)*, *1*(1), 99–105. http://jrsi.sie.telkomuniversity.ac.id/index.php/JRSI/article/view/115

Publik, P., Sektor, D. I., & Darat, P. (2014). *Kementerian perhubungan*. *1*(8), 3811308.

R12Vorley, G. (2008). M Ini G Uide To. *Mini Guide To Root Cause Analysis*, 1–15.

Ramaditya, A., Dwiatmaji, F. T., & Budiasih, E. (2018). *Analisis Perancangan Kebijakan Maintenance Pada Mesin 1110 Jc Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dan Life Cycle Cost (Lcc) Pada Pt . Xyz Analysis of Maintenance Policy Designing At 1110 Jc Machine By Using Method Overall E*. *5*(2), 2518–2526.

Ratnawati, S. E., Ekantari, N., Pradipta, R. W., & Paramita, B. L. (2012). *A plikasi R esponse S urface M ethodology (RSM) p ada O ptimasi E kstraksi K alsium T ulang Lele T he A pplication of R esponse S urface M ethodology (RSM) on the Optim i zation of C atfish B one C alcium E xtraction*. *20*, 41–48.

Relkar, A. S., & Nandurkar, K. N. (2012). Optimizing & analysing overall equipment effectiveness (OEE) through design of experiments (DOE). *Procedia Engineering*, *38*, 2973–2980. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.347

Rusdiana, H., Moh Ali Ramdhani, P. H., & Guru Besar UIN Sunan Gunung Djati Bandung, M. (2014). *Penerbit CV Pustaka Setia Bandung*. http://digilib.uinsgd.ac.id/8788/1/Buku Manajemen Operasi.pdf

Singh, R., Shah, D. B., Gohil, A. M., & Shah, M. H. (2013). Overall equipment effectiveness (OEE) calculation - Automation through hardware & software development. *Procedia Engineering*, *51*, 579–584. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.082

Soni, G., & Kodali, R. (2011). The strategic fit between "competitive strategy" and "supply chain strategy" in Indian manufacturing industry: An empirical approach. *Measuring Business Excellence*, *15*(2), 70–89. https://doi.org/10.1108/13683041111131637

Studi, P., Industri, T., Katolik, U., & Atma, I. (2019). *ANALISIS PRODUKTIVITAS MESIN SHEATING 3 DENGAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) PADA PRODUKSI FIBER OPTIC PT VOKSEL ELECTRIC TBK Riana Magdalena , Amelia Pricilla Ginting Penelitian ini dilakukan dengan mengukur produktivitas dengan menggunakan metode OEE Pengukuran OEE berfungsi sebagai pengukuran performansi perawatan berdasarkan kondisi mesin untuk …*. *7*(2), 120–127.

Trinh, T. K., & Kang, L.-S. (2010). Application of Response Surface Method as an Experimental Design to Optimize Coagulation Tests. *Lenth, R. V. (2012). Response-Surface Methods in R Using Rsm (Updated to Version 2.00). December, 1. Https://cran.r-Project.org/web/packages/rsm/vignettes/rsm.pdf Khuri, A. I., & Mukhopadhyay, S. (2010). Response Surface Methodology. Wiley Interdisciplina*, *15*(2), 63–70. https://doi.org/10.4491/eer.2010.15.2.063

Triwardani, D., Rahman, A., & Tantrika, C. (2012). Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) dalam Meminimalisi Six Big Losses Pada Mesin Produksi Dual Filters DD07 (studi kasus : PT. Filtrona Indonesia, Surabaya, Jawa Timur. *Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya*, *7*, 379–391.

https://media.neliti.com/media/publications/127943-ID-analisis-overall-equipment-effectiveness.pdf

White, N., Laney, S., & Zorzi, C. (2011). RCFA for Recurring Impeller Failures in a 4.7 Mtpa LNG Train Propane Compressor. *Turbomachinery Symposium*, *June 2009*, 1–18.

Wisudana, D. H., & Noriyati, D. R. (2015). Kuantitatif Dan Kualitatif Rcfa Pada Unit Superheater , Desuperheater Dan Exhaust Damper Hrsg 3 . 1 Di Pt . Pjb Up . Gresik Reliability Evaluation With Quantitative Methods and Qualitative Rcfa on Superheater , Desuperheater and Exhaust Damper Unit of Hrs. *Jurnal Teknik Fisika ITS*.

Yang, L., Zhao, Y., Peng, R., & Ma, X. (2018). Hybrid preventive maintenance of competing failures under random environment. *Reliability Engineering and System Safety*, *174*(February), 130–140. https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.02.017