

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nikel adalah mineral logam hasil dari proses pelapukan dan pengkayaan mineral pada batuan ultramafik dan mengalami pertumbuhan yang sangat cepat. Saat ini lebih dari 65% nikel digunakan dalam industri, dan sekitar 12% digunakan dalam industri manufaktur *super alloy* atau *nonferrous alloy*. Indonesia sendiri merupakan salah satu negara penghasil nikel di dunia dari jenis lateritik data produksi dan cadangan nikel dunia (Setiawan, 2016).

Salah satu produsen nikel di Indonesia adalah PT. Sumber Bumi Putera. PT Sumber Bumi Putera memiliki dua blok penambangan yaitu *Diamond 1* dan *2*. Proses produksi bijih nikel laterit di *Diamond 1* dan *2* menggunakan 14 unit *excavator* Caterpillar 320 dan 330 dengan 54 unit *dumpruck* tipe Howo 400, XCMG, dan Mercy Axiar. Target produksi PT Sumber Bumi Putera adalah 100.000 ton/bulan, pada bulan Desember perusahaan mencapai produksi bijih nikel sebesar 54.294 ton dari target 100.000 ton/bulan, hal ini menunjukkan bahwa pencapaian aktual produksi bijih nikel pada bulan Desember belum mencapai target produksinya.

Kegagalan produksi dapat disebabkan oleh faktor peralatan, lingkungan, material dan metode penambangan. Banyak kerugian terjadi karena kegagalan yang tidak teridentifikasi dan rendahnya pengendalian kegagalan. Perusahaan perlu melakukan identifikasi dan pengendalian kegagalan atau manajemen risiko (Calache, 2021).

Terdapat banyak variasi metode dalam manajemen risiko, pada penelitian ini analisis manajemen risiko yang dilakukan menggunakan metode *fishbone diagram*, *failure mode and effect analysis*, dan *fuzzy failure mode and effect analysis*. Metode FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*) dan Fuzzy FMEA (*Fuzzy Failure Mode And Effect Analysis*) merupakan salah satu metode penilaian yang paling dikenal dan banyak digunakan di industri karena dapat melakukan kuantifikasi kemungkinan kegagalan terjadi dan dibuat prioritas penanganan terhadap penilaian tingkat keterjadian, tingkat kerusakan, dan tingkat deteksi dari risiko kegagalan yang terjadi pada suatu proses (Jevon dan Rahardjo, 2021).

Ishikawa diagram (*fishbone diagram*) sering digunakan dalam analisis manajemen risiko karena diagram ini memberikan pemahaman hubungan sebab akibat yang terjadi pada suatu proses dengan efektif, sehingga orang-orang lebih cenderung menggunakan metode ini, mengetahui penyebab masalah yang berpengaruh, produktivitas meningkat, dan meningkatkan komunikasi internal maupun eksternal (Musfiroh dkk, 2021).

Diagram Fishbone dan FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*) konvensional adalah dua metode analisis yang saling melengkapi, dimana *fishbone diagram* digunakan untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan penyebab utama maupun penyebab turunan dari suatu proses sedangkan analisis lanjutan dari *fishbone diagram* biasanya menggunakan FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*)

yang digunakan untuk mengukur dampak, kemungkinan dan kemampuan deteksi kegagalan tersebut (Gyamfi, 2016).

FMEA konvensional memiliki kelemahan dalam analisisnya, kelemahan tersebut berupa pernyataan pada FMEA seringkali dinilai subyektif dan bersifat kualitatif yang diungkapkan dalam bahasa ilmiah. S, O, dan D dinilai memiliki hipotesis penilaian resiko yang sama, tetapi pada kenyataannya pada lapangan penilaian resiko ketiganya tidak sama. Oleh karena itu, untuk memperbaiki kelemahan tersebut, maka terdapat evaluasi lanjutan kegagalan lain yang disebut *fuzzy FMEA*. Konsep *fuzzy* pada algoritma FMEA memberi kemungkinan bahwa data yang digunakan, berupa data linguistik maupun data numerik, pada setiap datanya akan mempunyai nilai keanggotaan pada setiap atributnya. Pendekatan *fuzzy FMEA* adalah fondasi terbaik untuk mendapatkan tanggapan yang akurat (Laali, 2021).

Penelitian ini menggunakan diagram *fishbone*, *failure mode and effect analysis*, dan *fuzzy failure mode and effect analysis* dalam analisis faktor pengaruh pencapaian produksi bijih nikel laterit merepresentasikan model-model kegagalan yang terjadi. Analisis *fuzzy failure mode and effect analysis* menggunakan *software matlab R2024a* hal tersebut yang menjadi perbedaan utama penelitian ini dengan peneliti terdahulu. Komoditas penelitian ini juga berbeda dengan peneliti terdahulu sehingga faktor-faktor penghambat yang terjadi bervariasi.

1.2 Rumusan Masalah

Proses produksi merupakan proses menghasilkan suatu produk yang bernilai. Dalam suatu perusahaan pertambangan, produksi merupakan hal yang sangat penting, sehingga diperlukan manajemen yang baik dalam melakukannya. Kegagalan produksi disebabkan oleh banyak hal salah satunya yaitu manajemen resiko yang kurang baik, manajemen resiko yang kurang baik menyebabkan faktor penghambat dapat terjadi, sehingga permasalahan ini menjadi fokus utama dalam penelitian, sebagai upaya untuk mendukung efisiensi operasional dan pengambilan keputusan yang lebih rasional dalam kegiatan penambangan. Oleh karena itu, perumusan masalah pada penelitian ini adalah faktor apa saja yang mempengaruhi pencapaian produksi bijih nikel di P.T Sumber Bumi Putera dan bagaimana dampak faktor utama dalam proses pencapaian produksi bijih nikel di P.T Sumber Bumi Putera.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah didapatkan tujuan yang di capai pada penelitian kali ini sebagai berikut: menganalisis faktor apa saja yang dapat menyebabkan kegagalan produksi bijih nikel dan menganalisis dampak pengaruh faktor utama terhadap pencapaian produksi.

1.4 Kajian Teori

Kemampuan optimum yang bisa tercapai oleh alat gali muat dan alat angkut pada satuan waktu tertentu dengan mempertimbangkan kondisi alam dan manusia disebut

dengan produktivitas (Kahar dkk, 2023). Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat gali muat dan alat angkut adalah: sifat fisik material, tempat kerja, pola pemuatan, iklim cuaca, ketinggian permukaan, faktor efisiensi, ketersediaan alat (Harahap, 2022).

Flagnan et al (1993) mengidentifikasi faktor-faktor risiko yang dapat terjadi dalam suatu proses, sehingga kontraktor maupun investor dapat mengetahui potensi apa saja yang dapat timbul. Manajemen risiko harus diterapkan sebelum mengambil sebuah keputusan. Hal ini dilakukan sebagai bentuk perencanaan dan persiapan sebelum pelaksanaan proyek agar nantinya proyek yang dikerjakan bisa sesuai dengan target yang ingin dituju. Kontrol yang harus dilakukan ada beberapa macam mulai dari proses pemantauan, evaluasi, dan membandingkan hasil rencana yang telah dibuat dengan kenyataan yang ada di lapangan untuk menguji perkembangan yang dihasilkan terhadap biaya, penjadwalan, dan kemampuan teknis sebaik strategi yang telah dijalankan oleh perusahaan.

Analisis *Fishbone* diagram digunakan untuk menganalisis dan menemukan hubungan sebab-akibat pada suatu permasalahan atau kejadian. Fungsi utama diagram ini adalah untuk membantu individu atau organisasi fokus pada inti permasalahan. Diagram ini terdiri dari kepala ikan sebagai simbol masalah utama, sirip yang menggambarkan kategori masalah, dan tulang ikan yang menunjukkan berbagai penyebab masalah, berikut langkah-langkah *analysis* menggunakan diagram *fishbone* : mengidentifikasi kemungkinan akar dari sebuah penyebab alasan utama sebuah efek yang spesifik, menghubungkan beberapa interaksi faktor-faktor yang mempengaruhi efek atau proses, dan menganalisis sebuah permasalahan agar dapat diambil tindakan secara tepat (Aurah, 2022).

Tujuan metode FMEA adalah untuk mengidentifikasi dan mencegah potensi kegagalan. Prosedur FMEA (*failure mode and effect analysis*). bertujuan untuk menemukan akar penyebab masalah kualitas produksi. Mode kegagalan sendiri mencakup segala bentuk kegagalan dalam desain, kondisi yang berada di luar spesifikasi yang ditetapkan, atau perubahan pada produk yang mengakibatkan terganggunya fungsi produk (Balaraju dkk, 2019).

Tujuan utama FMEA adalah menilai tingkat risiko dari setiap jenis kegagalan sehingga dapat diputuskan apakah perlu dilakukan tindakan tertentu. FMEA juga digunakan untuk meminimalkan kerugian yang disebabkan oleh kegagalan dalam proses produksi. Langkah-langkah proses analisis FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) yaitu: mengenali dan mengevaluasi kegagalan potensi, mengidentifikasi tindakan yang bisa menghilangkan atau mengurangi potensi kegagalan yang akan terjadi, pencatatan proses (*document the process*) (Balaraju dkk, 2019).

Rivera & Mc Leod (2009) mengungkapkan bahwa FMEA merupakan salah satu metode analisis resiko yang banyak digunakan di antara semua metode. FMEA adalah metodologi untuk memaksimalkan kepuasan pelanggan dengan menghilangkan atau mengurangi masalah yang berpotensi atau diketahui. Metode analisis ini meningkatkan kualitas atau produktivitas produk, layanan, sistem.

Setiap desain, fungsi dan proses ditelaah secara menyeluruh bagaimana resiko dan dampaknya (*S=Severity*), kemungkinan munculnya kegagalan

(O=*Occurrence*), seberapa jauh dapat dideteksi (D=*Detection*). Dari penilaian ini ditelaah pula sebab (*cause*) dan bentuk pengendaliannya (*control*). Hasil akhirnya adalah nilai total berupa RPN (*Risk Priority Number*) yang menunjukkan total jumlah penilaian dari aspek S, O, D. Diagram alir pembentukan resiko pada analisis FMEA (Prihatmingtyas, 2019).

Penelitian Fakhardi et al (2023) menggunakan *personal fall arrest system* (PFAS) merupakan analisis proses produksi untuk mencegah kecelakaan area kerja pada dataran tinggi. Namun, kegagalan pada sistem ini dapat menyebabkan cedera serius atau kematian. *failure modes and effects analysis* (FMEA) digunakan untuk menganalisis risiko kegagalan. Metode FMEA konvensional memiliki kekurangan karena sangat mengandalkan penilaian subjektif dari para ahli dan sehingga menimbulkan ketidakpastian pada penilaiannya.

Menurut Basjir dan Suhartini (2019) *fuzzy* atau *fuzzy Logic* melibatkan proses pengambilan keputusan yang menggunakan aturan-aturan fungsi linguistik sebagai dasar untuk menganalisis kegagalan-kegagalan yang terjadi pada saat produksi, khususnya pada sistem yang kompleks dan sulit dimodelkan karena banyaknya ketidakpastian (Basjir dan Suhartini, 2019).

Dasar penentuan *fuzzy logic* adalah persamaan logika yang berasal dari pemikiran yang mengidentifikasi dan juga bagaimana mengetahui penyebab dari ketidakpastian yang terjadi antara 2 variabel. Sistem *fuzzy logic* terdiri dari dua hal utama yaitu himpunan *fuzzy* dan aturan-aturan *fuzzy*. Subset *fuzzy* adalah himpunan bagian yang berbeda dari dua variabel yaitu variabel input dan variabel output. Sedangkan aturan *fuzzy*, berkaitan dengan variabel input dan variabel output yang dihubungkan melalui persamaan (Basjir dan Suhartini, 2019).

Tay & Lim (2006) menjelaskan metode FMEA *fuzzy* telah dikembangkan dengan mengintegrasikan metode tersebut dengan logika *fuzzy* untuk mengatasi kekurangan FMEA. Dalam penelitian ini, FMEA *fuzzy* berperan penting karena metode analisis risiko ini yang direkomendasikan oleh standar internasional dan memberikan cara kerja yang lebih baik dalam situasi yang tidak memiliki cukup informasi dan terdapat konsep yang tidak pasti.

Tay & Lim (2006) menjelaskan langkah-langkah analisis menggunakan metode FMEA *fuzzy* yaitu; menentukan batasan dan tujuan FMEA secara tepat di awal penelitian, responden FMEA, terdiri dari orang yang memiliki spesialisasi dalam bidang ini, menganalisis proses (sistem, produk, tahapan, atau layanan) melakukan penilaian terhadap tingkat keparahan, dan kemampuan deteksi jenis kegagalan ditentukan, fungsi keanggotaan dibuat terkait dengan probabilitas terjadinya jenis kegagalan, fungsi keanggotaan disusun dengan tingkat keparahan jenis kegagalan dilapangan, fungsi keanggotaan dibuat terkait dengan kemampuan deteksi jenis kegagalan, informasi yang diperlukan dikumpulkan dari para ahli untuk menetapkan basis aturan *fuzzy*, sistem, produk, proses, atau layanan yang dipertimbangkan dibagi lagi menjadi sub-proses atau bagian.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Pengumpulan Data

PT Sumber Bumi Putera merupakan perusahaan penambangan yang bergerak sektor penambangan bijih nikel terletak di Kecamatan Molawe, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara yang telah beroperasi selama 5 tahun. Kegiatan pengambilan data ini dilakukan di Divisi *Mine Engineer* selama 3 bulan yang dimulai dari bulan Januari hingga Maret.

PT Sumber Bumi Putera sebagai lokasi penelitian memberikan kesempatan berharga untuk terlibat langsung dalam operasional pertambangan yang sesungguhnya, sebagai salah satu perusahaan ternama di kendari, PT Sumber Bumi Putera memiliki peran krusial dalam mendukung kegiatan operasional PT Sumber Bumi Putera, khususnya dalam hal produksi bijih nikel laterit.

Pengumpulan data penelitian diperoleh langsung atas izin perusahaan sebagai data acuan untuk melakukan analisis permasalahan. Data yang diperoleh dari PT. Sumber Bumi Putera sebagai berikut:

1. Waktu edar unit *dumpruck* Howo 400 unit DT-201 dan DT-220, XCMG unit DT-61 dan DT-62, Mercy Axior unit DT-22 dan DT-24, dan Cat 330 dan 320 unit EXC-03 dan EXC-09 data waktu edar dari masing-masing unit dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Waktu edar alat angkut *fleet* 1 (Menit)

No.	Waktu Edar Unit DT-220	Waktu Edar Unit DT-201
1	57,48	59,11
2	54,38	61,30
3	60,20	61,08
4	63,45	59,37
5	56,58	54,35
7	60,43	57,32
8	62,07	52,57
9	56,31	61,17
10	61,25	61,57
11	56,50	48,48
12	59,45	62,18
13	59,28	61,40
14	59,43	60,13
15	60,57	59,48

Pengumpulan data penelitian diperoleh langsung dengan melakukan observasi dilapangan didapatkan rata-rata waktu edar pada unit DT-220 dan DT-201 sebesar ± 60 menit. Waktu edar *fleet* 3 dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Waktu edar alat angkut *fleet* 3 (Menit)

No.	Waktu Edar Unit DT-61	Waktu Edar Unit DT-62
1	56,10	58,18
2	59,30	60,46
3	57,41	57,45
4	55,31	58,03
5	62,18	62,40
6	61,55	60,45
7	58,51	57,58
8	63,30	67,43
9	56,25	65,15
10	61,26	71,13
11	63,21	60,09
12	66,53	66,01
13	60,31	59,45
14	59,38	60,53
15	60,11	59,58

Pengumpulan data penelitian diperoleh langsung dengan melakukan observasi dilapangan didapatkan rata-rata waktu edar pada unit DT-62 dan DT-61 sebesar ± 60 menit. Waktu edar *fleet* 2 dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Waktu edar alat angkut *fleet* 2 (Menit)

No.	Waktu Edar Unit DT-22	Waktu Edar Unit DT-24
1	52,13	53,40
2	54,00	56,30
3	57,30	50,21
4	55,10	61,58
5	55,58	49,28
6	54,00	53,10
7	55,33	58,00
8	59,08	60,20
9	56,36	56,51
10	56,13	53,33
11	58,43	59,03
12	60,46	50,35
13	55,41	59,01
14	59,45	59,53
15	60,33	60,35

Pengumpulan data penelitian diperoleh langsung dengan melakukan observasi dilapangan didapatkan rata-rata waktu edar pada unit DT-22 dan DT-24 sebesar ± 60 menit.

2. Waktu Edar Alat Gali-Muat

Waktu edar unit *excavator* berupa unit Cat 330 dan Cat 320 dengan nomor lambung EXC-03 dan EXC-09, data waktu edar diambil sebanyak 15 data. Data waktu edar dari masing-masing unit dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Waktu edar *ore loading* pada *fleet 1* dan *fleet 2* (Detik)

No.	Cat-330 dan Howo 400	Cat-330 dan XCMG
1	12	18
2	16	17
3	16	16
4	13	16
5	12	15
6	16	16
7	13	16
8	15	15
9	14	11
10	15	15
11	15	15
12	19	16
13	17	17
14	11	15
15	15	11

Pengumpulan data penelitian diperoleh langsung dengan melakukan observasi dilapangan didapatkan rata-rata waktu edar pada unit Cat-330 sebesar ± 15 detik. Waktu edar Cat 320 dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Waktu edar *ore loading* pada *fleet 3* (Detik)

No.	Cat-320 dan Mercy Axior
1	25
2	21
3	22
4	24
5	27
6	25
7	20
8	19
9	19
10	22
11	16
12	19
13	21
14	22
15	22

3. Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja alat digunakan untuk mendapatkan produktivitas *dumptruck* dan *excavator* yang dinyatakan dalam persen. Efisiensi kerja alat dapat dilihat pada **Tabel 6 dan 7**.

Tabel 6. Efisiensi kerja alat angkut (%)

Hari	DT-201	DT-220	DT-22	DT-24	DT-61	DT-62
1	0	0	0	0	0	0
2	75	75	75	75	0	0
3	0	0	0	22	0	0
4	48	50	22	44	0	0
6	44	44	78	44	44	44
7	0	44	44	63	56	56
8	50	50	63	78	78	78
9	69	78	80	78	78	78
10	74	77	78	42	42	42
11	0	42	42	100	33	33
12	33	33	100	67	56	56
13	56	56	67	81	81	81
14	81	81	81	0	70	70
15	70	70	0	0	0	0
16	0	0	0	81	0	44
17	81	81	81	31	31	31
18	31	31	31	0	0	0
19	0	0	0	76	76	76
20	76	76	76	65	65	65
21	65	65	65	31	31	31
22	31	31	31	31	0	0
23	31	31	31	31	0	0
24	31	31	31	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	81	70	70
27	0	0	81	100	0	0
28	65	0	100	100	0	0
29	31	0	100	65	0	0
30	65	0	0	0	0	0

Tabel 7. Efisiensi kerja alat angkut (%)

No.	Cat-330	Cat-320
1	81	81
2	81	78
3	81	81
4	33	56
6	33	56
7	72	81
8	44	81
9	61	61
10	76	81
11	81	81
12	83	81
13	65	70
14	65	70
15	76	81
16	65	70
17	76	70
18	76	76
19	76	76
20	76	76
21	76	76
22	76	76
23	76	76
24	78	78
25	76	76
26	76	76
27	76	65
28	76	76
29	60	65
30	48	70

Data efisiensi kerja diambil selama 30 hari, analisis dilakukan dimulai dari awal *shift* penambangan hingga akhir *shift*. Unit *dumprtruck* diambil sebanyak 6 sampel untuk dilakukan analisis sedangkan pada *excavator* diambil 2 unit untuk dijadikan perbandingan utama dalam melakukan analisis.

d. *Fill factor*

Fill factor adalah persentase volume yang tersedia di badan pengangkut atau mangkuk yang benar-benar digunakan. Misalnya, faktor pengisian 87 persen untuk bak pengangkut berarti 13 persen dari volume terukur tidak digunakan untuk mengangkut material, pengisian *bucket* sering kali memiliki nilai faktor pengisian lebih dari 100 persen (CAT, 2022). Klasifikasi *bucket fill factor* Caterpillar 2022 dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. *Bucket fill factor* (CAT, 2022).

Material Condition	Material Description	Fill Factor (%)
<i>Loose Material</i>	<i>Mixed Moist Aggregates</i>	95-100%
	<i>Uniform Aggregates up to 3 mm/1/8"</i>	95-100%
	<i>3 mm – 9 mm/1/8"-3/8"</i>	90-95%
	<i>12 mm – 20 mm/1/2"-3/4"</i>	85-90%
	<i>24 mm/1" and over</i>	85-90%
<i>Blasted Rock</i>	<i>Well blasted</i>	80-95%
	<i>Average Blasted</i>	75-90%
	<i>Poorly blasted</i>	60-75%
<i>Other</i>	<i>Rock Dirt Mixtures</i>	100-120%
	<i>Moist Loam</i>	100-110%
	<i>Soil, Boulders, roots</i>	80-100%
	<i>Cemented Materials</i>	85-95%

Berdasarkan sumber dari CAT, *bucket fill factor* dari material bijih nikel laterit sama dengan material *moist loam* (lempung) karena memiliki karakteristik material yang sama dimana persen *fill factor*-nya sebesar 100-110%.

e. *Jam Kerja Efektif*

Jam kerja efektif alat *dumptruck* dan *excavator* diperoleh dari penggunaan *dumptruck* dan *excavator* yang beroperasi pada pengangkutan bijih nikel laterit di pit penambangan bervariasi karena masing-masing unit memiliki waktu hambatan yang berbeda-beda. Waktu hambatan sangat berpengaruh terhadap besar jam kerja efektif unit (Nichols, 2010). Jam kerja efektif masing-masing unit alat angkut dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Jam kerja efektif alat angkut (Jam)

Hari	DT-201	DT-220	DT-22	DT-24	DT-61	DT-62
1	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00
2	6,45	6,45	6,45	6,45	4,00	4,00
3	0,00	0,00	0,00	2,00	5,00	5,00
4	4,50	4,33	2,00	4,00	7,02	7,02

Hari	DT-201	DT-220	DT-22	DT-24	DT-61	DT-62
6	4,00	0,00	4,00	4,00	7,02	7,02
7	4,00	4,00	7,00	4,00	3,38	3,58
8	4,00	0,00	4,00	5,30	3,00	3,00
9	4,50	4,50	5,40	7,02	5,00	5,00
10	7,02	6,22	7,18	7,02	7,33	7,33
11	6,37	9,00	7,02	3,48	6,33	6,33
12	3,48	0,00	3,48	9,00	0,00	0,00
13	3,00	3,00	9,00	6,00	0,00	4,00
14	5,00	5,00	6,00	7,33	2,23	2,34
15	7,33	7,33	7,33	0,00	0,00	0,00
16	6,33	6,33	0,00	0,00	6,23	6,34
17	0,00	0,00	0,00	7,33	5,23	5,56
18	7,33	7,33	7,33	2,43	2,43	2,45
19	2,43	2,53	2,33	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	6,44	0,00	0,00
21	6,43	6,43	6,43	5,43	0,00	0,00
22	5,43	5,53	5,46	2,45	0,00	0,00
23	2,33	2,53	2,47	2,47	6,33	6,33
24	2,53	2,53	2,44	2,37	0,00	0,00
25	2,43	2,53	2,41	0,00	0,00	0,00
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,00	7,33	4,00	4,00
28	0,00	0,00	7,33	9,00	4,00	4,00
29	0,00	5,83	9,00	9,00	5,00	5,00
30	0,00	2,54	9,00	5,53	7,02	7,02

Jam kerja tersedia *dumprtruck* dan *excavator* dalam satu hari kerja sebanyak 9 jam kerja tiap unit yang digunakan. Data jam kerja dari masing-masing unit *dumprtruck* dan *excavator* dapat dilihat pada **Tabel 12** dan **Tabel 13**. Rata-rata jam kerja efektif berada dikisaran 4-5 jam/harinya. Jam kerja efektif masing-masing unit alat gali-muat dapat dilihat pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Jam kerja efektif alat gali-muat (Jam)

Hari	Cat-330	Cat-320
1	7,33	7,25
2	7,33	7,00
3	7,33	7,25
4	3,00	5,00
5	3,00	5,00
6	6,50	7,33
7	4,00	7,33
8	5,50	5,50
9	6,56	7,33
10	7,33	7,33
11	7,50	7,33
12	5,53	6,33
13	5,34	6,00
14	6,36	7,33
15	5,57	6,33
16	6,47	6,33
17	6,49	6,34
18	6,43	6,53
19	6,35	6,35
20	6,45	6,45
21	6,24	6,45
22	6,48	6,45
23	7,00	7,00
24	6,46	6,45
25	6,35	6,45
26	6,36	5,46
27	6,35	6,47
28	6,35	6,49
29	4,35	6,56
30	6,35	6,53

Analisis jam kerja efektif menunjukkan bahwa rata-rata jam kerja unit pada alat gali-muat sekitar 6-7 jam kerja efektif. Berbeda dengan unit alat angkut Dimana rata-rata jam kerja efektif unit alat angkut berada dikisaran 4-5 jam hal ini terjadi karena alat gali-muat di PT. Sumber Bumi Putera memiliki waktu hambatan yang lebih kecil dibandingkan dengan waktu hambatan yang dimiliki alat angkut.

g. Target Produksi

Target produksi masing-masing unit telah ditetapkan dari divisi *Mine Engineer* PT. Sumber Bumi Putera. Target produksi unit dalam perharinya sebesar 3.333 ton perhari.

h. FMEA Interview

Kriteria responden FMEA merupakan individu yang kompeten dalam bidang teknis atau operasional, memiliki pengalaman yang relevan terhadap operasional yang sedang terjadi dan memahami tujuan FMEA yang dilakukan. Jumlah minimal responden FMEA tidak memiliki ketentuan untuk dilakukan analisis karena pengumpulan data FMEA tidak membutuhkan kuantitas responden yang banyak. Analisis FMEA lebih mengutamakan teknik analisis responden untuk mengidentifikasi dan mencegah potensi kegagalan dalam suatu proses, desain, atau sistem. Beberapa pertanyaan interview FMEA *analysis* dapat dilihat sebagai berikut (Stamatis, 2003).

- 1) Apa saja yang menjadi penyebab kegagalan dalam tahap produksi?
- 2) Apa yang menjadi penyebab utama kegagalan produksi?
- 3) Bagaimana kegagalan tersebut terjadi?
- 4) Kegagalan apa yang menjadi penyebab karyawan dan alat dalam bahaya?
- 5) Apakah kegagalan tersebut akan diberikan pelanggaran?
- 6) Bagaimana cara perusahaan untuk mengatasi kegagalan tersebut?

Interview FMEA diajukan kepada *Superintendent* produksi, dimana FMEA ini akan menjadi acuan dilakukan pemodelan *fuzzy* FMEA untuk mendapatkan acuan potensi kegagalan produksi yang paling berpengaruh terhadap tahapan penambangan.

i. Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)

Faktor pengembangan dinyatakan dalam satuan persen, faktor pengembangan adalah ukuran pertambahan volume material dari volume aslinya yang masih utuh di lokasi (*bank*) menjadi volume yang sudah terganggu setelah digali (lepas), disebabkan oleh adanya rongga atau kantong udara yang terbentuk setelah material diangkat dari tempat asalnya (Spikevm, 2022).

j. Penyebab Akar Masalah (*fishbone diagram*)

Faktor pengembangan dinyatakan dalam satuan persen, faktor pengembangan adalah ukuran pertambahan volume material dari volume aslinya yang masih utuh di lokasi (*bank*) menjadi volume yang sudah terganggu setelah digali (lepas), disebabkan oleh adanya rongga atau kantong udara yang terbentuk setelah material diangkat dari tempat asalnya (Spikevm, 2022).

2.2 Analisis Dan Pengolahan Data

Analisis dan pengolahan data pada penelitian kali ini dilakukan di Laboratorium Perencanaan Dan Valuasi Tambang Universitas Hasanuddin. Rangkaian pengolahan data sebagai berikut.

1. Analisis penyebab kegagalan produksi dengan diagram *fishbone*
Potensi kegagalan ditentukan berdasarkan pengamatan langsung di lapangan. Potensi kegagalan diidentifikasi dengan analisis sebab-akibat. Analisis sebab-akibat membantu menentukan penyebab dari suatu masalah. Selain penggunaan analisis sebab-akibat, pendekatan potensi kegagalan dapat ditentukan secara subjektif berdasarkan kondisi lapangan, dan membuat diagram *fishbone* yang menjadi acuan penentuan akar masalah.
2. Melakukan perhitungan produktivitas alat gali-muat
Perhitungan produktivitas alat gali-muat didapatkan dari *cycle time*, *fill factor*, dan efisiensi kerja unit. Data efisiensi kerja, *cycle time*, dan *fill factor* didapatkan dari hasil analisis dilapangan. Produktivitas alat gali-muat didapatkan dari persamaan berikut (Rismayanti, 2015):

$$Q = q \times Sf \times 3600/CM \times E \dots\dots\dots(1)$$
 Dimana;
 Q = produksi perjam (BCM/jam)
 q = kapasitas produksi persiklus (m^3 , cu yd³)
 Sf = swell factor
 Cm = *cycle time* (detik)
 E = efisiensi kerja (%)
3. Melakukan perhitungan produktivitas alat angkut
Perhitungan produktivitas alat angkut didapatkan dari *cycle time*, *bucket fill factor*, efisiensi kerja unit, dan jumlah *bucket* pengisian. Data efisiensi kerja, *cycle time*, dan *fill factor* didapatkan dari hasil analisis dilapangan. Produktivitas alat angkut didapatkan dari persamaan berikut (Rismayanti, 2015):

$$P = C \times Sf \times 60/Cmt \times Et \dots\dots\dots(2)$$
 dimana:
 P = produktivitas *dumprtruck* (BCM/jam)
 C = produksi persiklus (m^3 , cu yd³)
 Sf = swell factor
 Cmt = *cycle time dumprtruck*
 Et = efisiensi *dumprtruck* (%)
4. Menganalisis ketersediaan alat mekanis
Perhitungan ketersediaan alat didapatkan pada perhitungan ini merupakan hasil perhitungan secara langsung dilapangan, sehingga didapatkan variabel yang nanti digunakan dalam analisis ketersediaan alat mekanis.
5. FMEA Interview
Model FMEA menggunakan metode linguistik yang memberikan sejumlah nilai untuk merepresentasikan seberapa penting setiap kegagalan. Perangkat

lunak yang digunakan untuk membuat model FMEA adalah Microsoft Excel. RPN merupakan output FMEA yang menunjukkan pentingnya mode kegagalan. RPN dihitung dengan persamaan berikut:

$$RPN = S \times O \times D \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

RPN = Risk Priority Number

S = Severity

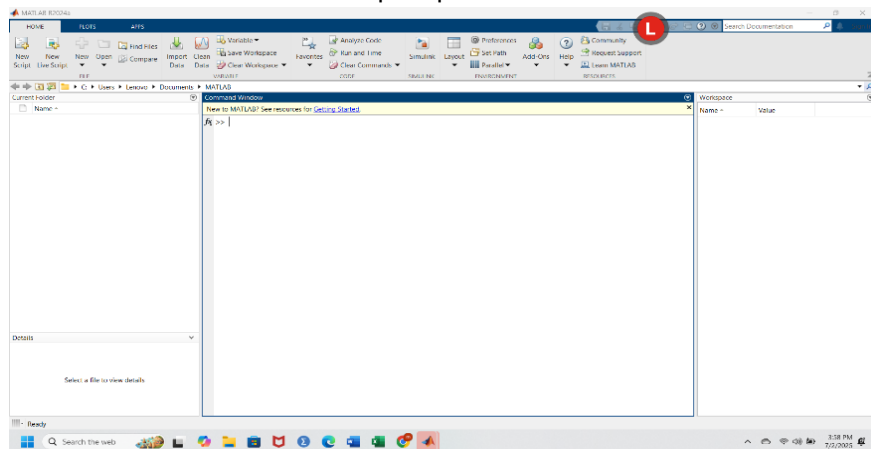
O = Occurance

D = Detection

6. *Fuzzy FMEA modelling menggunakan software Matlab*

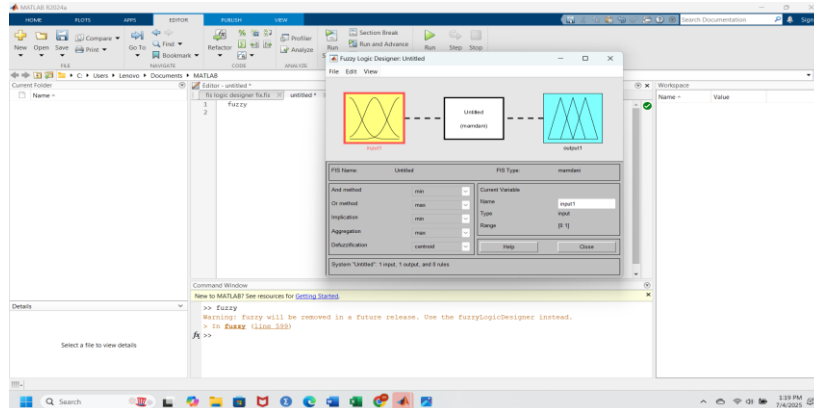
Fuzzy FMEA didapatkan dari hasil analisis menggunakan *software* Matlab dengan membuat kecerdasan buatan dengan menggabungkan beberapa probabilitas sehingga menghasilkan nilai modifikasi dari RPN atau yang biasa disebut dengan *Fuzzy Risk Priority Number* (F-RPN). Langkah-langkah analisis *fuzzy FMEA* menggunakan *software* Matlab sebagai berikut:

a. Membuka *software* Matlab seperti pada **Gambar 1**.



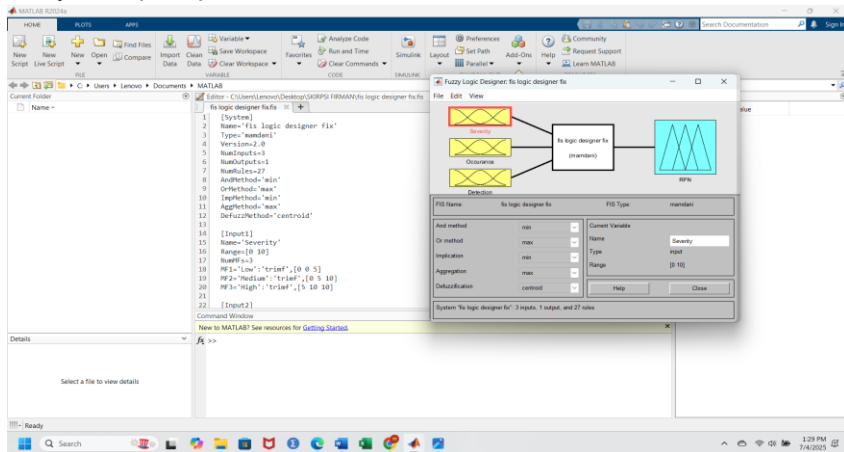
Gambar 1. Tampilan *software* matlab

b. Memasukkan fungsi *fuzzy command* *software* seperti pada **Gambar 2**.



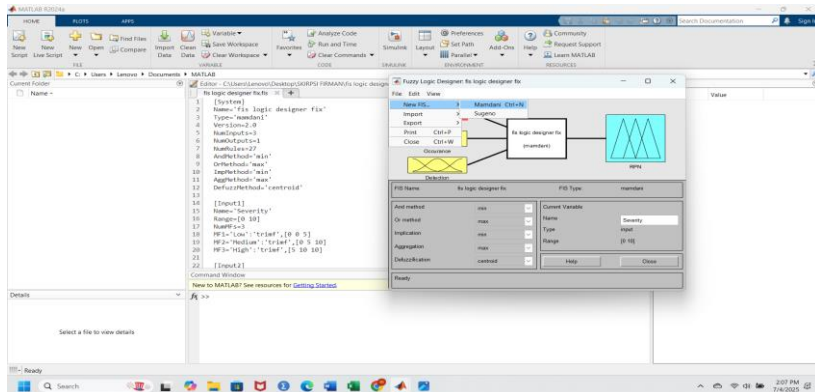
Gambar 2. Tampilan fungsi *fuzzy* pada matlab

- c. Menginput parameter *severity*, *occurrence*, *detection* pada model *fuzzy* analysis seperti pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Menginput variabel *fuzzy* analysis

- d. Memasukkan jenis *fuzzy* FMEA yang akan digunakan dalam analisis model kegagalan seperti pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Memilih jenis *fuzzy* fmea yang akan digunakan

- e. Membuat pengelompokan fungsi batasan penilaian tiap *variable analysis*. Variabel input yang diindeks untuk *fuzzy* adalah tingkat keparahan, kejadian dan deteksi yang didefinisikan dengan $\{x|1 \leq x \leq 10; x \in R\}$. Interval menunjukkan kepentingannya, peningkatan nilai berarti peningkatan kepentingan. Tingkat *severity*, *occurrence*, *detection* diklasifikasikan menjadi 3 peringkat fungsi kelompok yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu (Karatop et al, 2021):

1) *Low*

Pengelompokan fungsi *low* disusun sebagai berikut:

$$y(x) = \begin{cases} 1 & x = 0 \\ 0 < y < 1 & 0 < x < 5 \\ 0 & x \leq 5 \end{cases}$$

2) Medium

Pengelompokkan fungsi *medium* disusun sebagai berikut:

$$y(x) = \begin{cases} 1 & x = 5 \\ 0 < y < 1 & 0 < 5 < 10 \\ 0 & x \leq 10 \end{cases}$$

3) High

Pengelompokkan fungsi *high* disusun sebagai berikut:

$$y(x) = \begin{cases} 1 & x = 10 \\ 0 < y < 1 & 5 < 10 < 10 \\ 0 & x \leq 10 \end{cases}$$

Variabel output analysis *fuzzy* FMEA adalah *fuzzy* RPN. *Fuzzy* RPN adalah hasil penilaian dengan basis teknik linguistik dan basis aturan *fuzzy*. *Fuzzy* RPN (F-RPN) diklasifikasikan menjadi 5 peringkat pengelompokkan fungsi, sebagai berikut (Karatop et al, 2021):

1) Very Low

Pengelompokkan fungsi *very low* disusun sebagai berikut:

$$y(x) = \begin{cases} 1 & x = 0 \\ 0 < y < 1 & 0 < x < 250 \\ 0 & x \leq 250 \end{cases}$$

2) Low

Pengelompokkan fungsi *low* disusun sebagai berikut:

$$y(x) = \begin{cases} 1 & x = 250 \\ 0 < y < 1 & 0 < x < 500 \\ 0 & x \leq 500 \end{cases}$$

3) Medium

Pengelompokkan fungsi *medium* disusun sebagai berikut:

$$y(x) = \begin{cases} 1 & x = 500 \\ 0 < y < 1 & 250 < x < 750 \\ 0 & x \leq 750 \end{cases}$$

4) High

Pengelompokkan fungsi *high* disusun sebagai berikut:

$$y(x) = \begin{cases} 1 & x = 750 \\ 0 < y < 1 & 500 < x < 1000 \\ 0 & x \leq 1000 \end{cases}$$

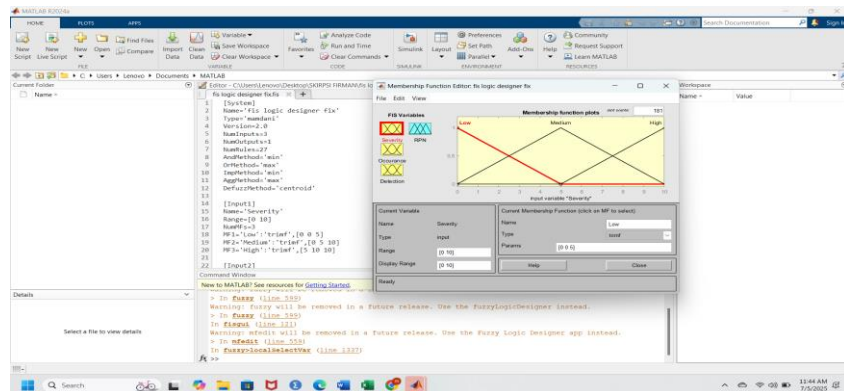
5) Very High

Pengelompokkan fungsi *very high* disusun sebagai berikut:

$$y(x) = \begin{cases} 1 & x = 1000 \\ 0 < y < 1 & 750 < x < 1000 \\ 0 & x \leq 1000 \end{cases}$$

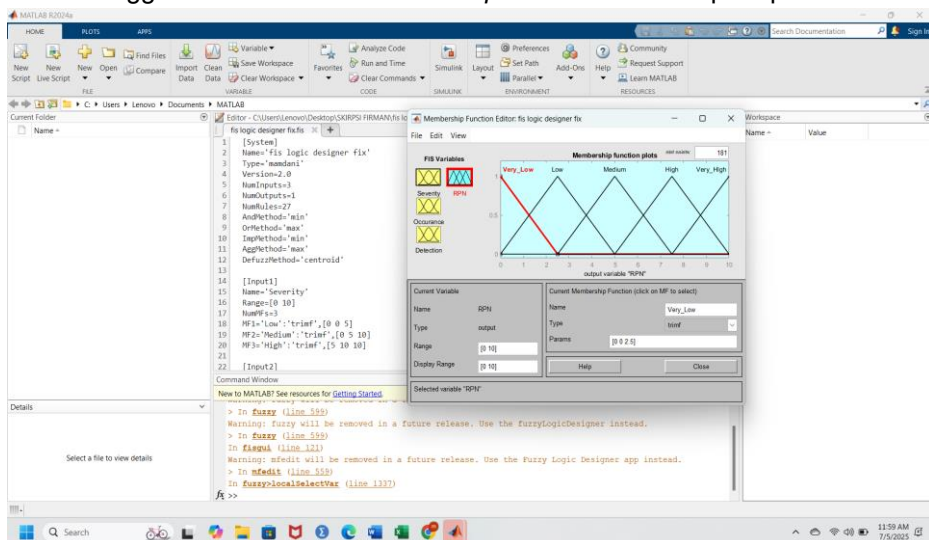
Parameter penilaian diatas merupakan batasan yang akan digunakan dalam menentukan nilai *fuzzy-RPN (Risk Priority Number)*, dengan dilakukannya pengelompokan fungsi peneliti dapat menentukan faktor yang mempengaruhi tahapan produksi :

- f. Memasukkan fungsi pengelompokkan rules input kedalam 3 variabel penilaian model kegagalan (*Low, Medium, dan High*) pada 3 variabel penilaian *fuzzy FMEA (Severity, Occurance, Detection)*. seperti pada **Gambar 5**.



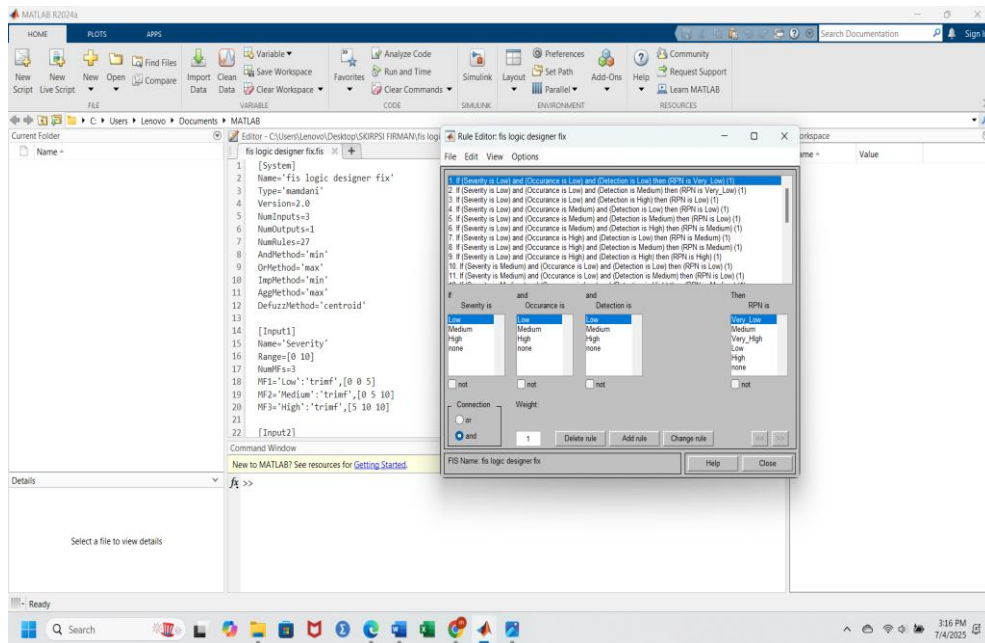
Gambar 5 Menginput fungsi input kedalam *matlab membership function*

- g. Memasukkan fungsi pengelompokkan rules output kedalam 5 variabel penilaian model kegagalan (*Very Low, Low, Medium, High, dan Very High*) pada nilai Fuzzy-RPN menggunakan *matlab membership function editor* seperti pada **Gambar 6**.



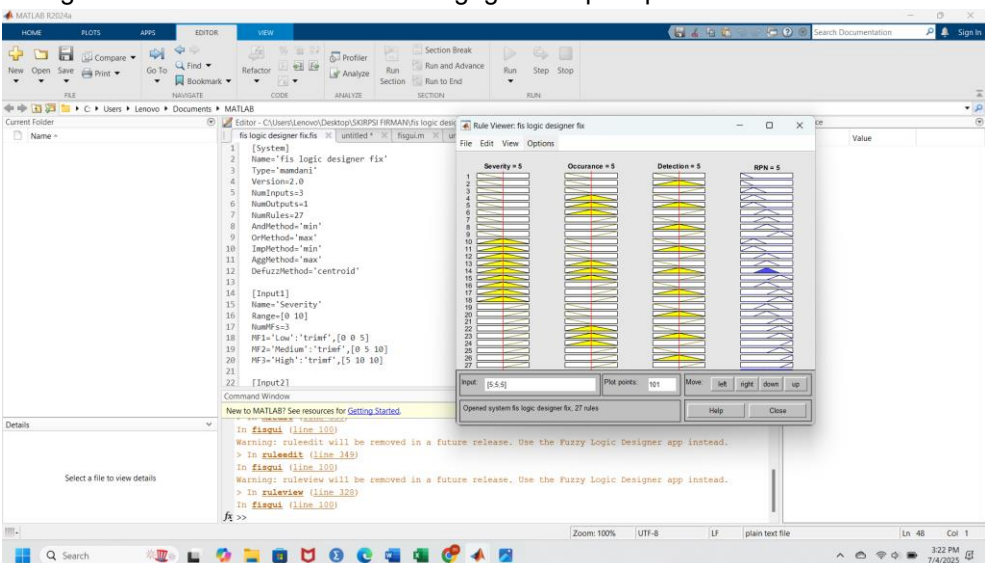
Gambar 6. Menginput fungsi output kedalam *matlab membership function*

- h. Memasukkan *rules if-and-then fuzzy FMEA* yang akan digunakan dalam analisis model kegagalan seperti pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Memasukkan *rules if-and-then fuzzy FMEA*

- i. Memasukkan nilai FMEA konvensional ke hasil *coding fuzzy FMEA* yang akan digunakan dalam analisis model kegagalan seperti pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Memasukkan nilai FMEA konvensional ke hasil *coding fuzzy FMEA*

2.3 Flowchart Penelitian

