

**Analisis dan Peningkatan Efektivitas Proses Operasi *Well intervention*
Menggunakan *Lean Six Sigma* (DMAIC) dan OEE untuk Reduksi
Non-Productive Time (NPT) Pada Pekerjaan Perawatan Sumur
Minyak Di Lapangan Migas X Berbasis Data *WellView***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Nama : Valendra Eril Erginansya
No. Mahasiswa : 22522292

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 14 - 04 - 2026



Valendra Eril Erginansya
NIM: 22522292

SURAT BUKTI PENELITIAN



FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI

Gedung KH. Mas Mansur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T (0274) 898444 ext 4110, 4100
F (0274) 896007
E fti@uii.ac.id
W fti.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor : 273/Ka.lab SIMANTI/20/Lab.SIMANTI/IV/2026

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Dengan hormat,

Yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa:

Nama : Valendra Eril Erginansya

Nim : 22522292

Jurusan : Teknik Industri

Dosen Pembimbing : Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc.

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut diatas telah melaksanakan penelitian tugas akhir dengan judul **"Analisis dan Peningkatan Efektivitas Proses Operasi *Well intervention* Menggunakan *Lean Six Sigma* (DMAIC) dan OEE untuk Reduksi *Non-Productive Time* (NPT) Pada Pekerjaan Perawatan Sumur Minyak Di Lapangan Migas X Berbasis Data *WellView*"**. Mulai pelaksanaan penelitian 19 Januari 2026 sampai 31 Maret 2026

Demikian surat keterangan penelitian ini kami buat. Atas perhatiannya dan kerja samanya kami mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Yogyakarta, 29 April 2026

Kepala Laboratorium

Sistem Manufaktur Terintegrasi

Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc.

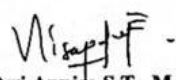
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**Analisis dan Peningkatan Efektivitas Proses Operasi *Well intervention*
Menggunakan *Lean Six Sigma* (DMAIC) dan OEE untuk Reduksi
Non-Productive Time (NPT) Pada Pekerjaan Perawatan Sumur
Minyak Di Lapangan Migas X Berbasis Data *WellView***



Yogyakarta, 11 - 05 - 2026

Dosen Pembimbing


(Putri Dwi Annisa S.T., M.Sc.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**Analisis dan Peningkatan Efektivitas Proses Operasi *Well intervention*
Menggunakan *Lean Six Sigma* (DMAIC) dan OEE untuk Reduksi
Non-Productive Time (NPT) Pada Pekerjaan Perawatan Sumur
Minyak Di Lapangan Migas X Berbasis Data *WellView***

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Valendra Eril Erginansya
No. Mahasiswa : 22522292

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 11 - 05 - 2026

Tim Penguji

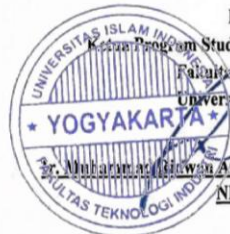
Putri Dwi Annisa S.T., M.Sc.
Ketua

Joko Sulistio, S.T., M.Sc., M.T.
Anggota I

Sayyidah Maulidatul Afraah, S.T., M.T.
Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Dr. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.
NIK. 01522010

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, saya ucapkan puji syukur atas segala nikmat, karunia, dan kemudahan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dari hati yang terdalam saya mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua saya, Harno dan Priyunita, yang tiada henti mendoakan, mendidik, dan memotivasi saya agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Terima kasih kepada Ibu Putri Dwi Annisa S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta ilmu yang sangat bermanfaat dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Bapak Diles Parel selaku mentor yang telah memberikan arahan dan dukungan selama pelaksanaan penelitian.

Aamiin Ya Rabbal Alamin.

MOTTO

“Angin tidak berhembus untuk menggoyangkan pepohonan, melainkan menguji kekuatan akarnya.” – Ali bin Abi Thalib

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri.” – QS Ar Rad 11

“Jangan menilai saya dari kesuksesan, tetapi nilai saya dari seberapa sering saya jatuh dan berhasil bangkit kembali.” – Nelson Mandela

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, serta pertolongan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “*Analisis dan Peningkatan Efektivitas Proses Operasi Well Intervention Menggunakan Lean Six Sigma (DMAIC) dan Overall Equipment Effectiveness (OEE) untuk Reduksi Non-Productive Time (NPT) pada Pekerjaan Perawatan Sumur Minyak di Lapangan Migas X Berbasis Data WellView*”.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya hingga akhir zaman.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari berbagai bantuan, bimbingan, serta dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU, ASEAN.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan selama proses penyusunan Tugas Akhir.
5. Bapak Diles Parel, selaku mentor selama kegiatan magang, yang telah memberikan pengetahuan, arahan, dan pengalaman praktis selama pelaksanaan penelitian.
6. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan, serta motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Manajer Tim *Drilling and Well Intervention* beserta seluruh anggota tim yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas bantuan dan kontribusi dalam proses pengumpulan data serta pelaksanaan penelitian.
8. Fitrianiingsih yang telah memberikan dukungan, motivasi, perhatian, serta semangat kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh anggota tim Sagarmatha yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas dukungan, kerja sama, dan semangat yang diberikan kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Seluruh anggota tim CabTreats yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas dukungan, pengalaman, motivasi, dan kebersamaan yang diberikan kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

11. Seluruh rekan Pemuda Sukses ang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas dukungan, kebersamaan, serta motivasi yang diberikan kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir.
12. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Industri angkatan 2022 yang telah memberikan dukungan, semangat, serta kebersamaan selama proses penyusunan Tugas Akhir.
13. Seluruh pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan dan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

ABSTRAK

Tingginya *Non-Productive Time* (NPT) pada operasi *well intervention* di Lapangan X menyebabkan efektivitas waktu operasi belum optimal, yang tercermin dari nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada periode 2020–2025 yang masih berada pada kisaran 25%–82%. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab dominan NPT serta merumuskan usulan perbaikan proses menggunakan pendekatan *Lean Six Sigma* (DMAIC) dan OEE berbasis data *WellView*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total NPT mencapai 21,31% dari total durasi operasi, dengan aktivitas *moving* sebagai kontributor terbesar sebesar 56%. Analisis menggunakan Pareto, Fishbone, FMEA, dan 5 *Whys* menunjukkan bahwa penyebab dominan NPT *moving* berasal dari ketidaksiapan mobilisasi dan koordinasi *support equipment*, sedangkan pada NPT *operation* disebabkan oleh ketidakpastian kondisi sumur dan kesiapan *resource* operasional. Penentuan prioritas perbaikan dilakukan menggunakan metode AHP, dengan usulan utama berupa *Real-Time Mobilization Tracking* serta *Structured Contingency and Resource Readiness Planning*. Hasil simulasi BPMN menunjukkan usulan perbaikan mampu menurunkan NPT *moving* sebesar 26%, NPT *operation* sebesar 30%, dan total NPT sebesar 27,76%, sehingga total durasi pekerjaan turun dari 28.712 jam menjadi 26.781 jam per tahun serta meningkatkan efektivitas operasi secara keseluruhan.

Kata Kunci: *Non-Productive Time* (NPT), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), DMAIC, AHP, *Well intervention*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
1.5 Batasan Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Kajian Literatur	9
2.1.1 Penerapan Metode DMAIC	9
2.1.2 Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)	11
2.1.3 Penerapan Metode VSM.....	12
2.1.4 Penerapan Metode DMADV	13
2.1.5 Penerapan Metode AHP	14
2.2 Landasan Teori.....	20
2.2.1 Well intervention	20
2.2.2 Non-Productive Time (NPT)	21
2.2.3 Diminished Capacity	21
2.2.4 Lean Six Sigma.....	22
2.2.5 Pengertian Metode DMAIC.....	22
2.2.6 Voice of Customer (VOC).....	23
2.2.7 Critical to Quality (CTQ)	24
2.2.8 Pengukuran Total Time dan Non-Productive Time (NPT)	24
2.2.9 Overall Equipment Effectiveness (OEE).....	24
2.2.10 Seventools.....	25
2.2.11 Multi Criteria Decision Making (MCDM)	30
2.2.12 Value Added Analysis (VAA).....	32
2.2.13 Waste Elimination	32
2.2.14 Process Re-sequencing	32
2.2.15 Plan-Do-Check-Act (PDCA).....	33
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Desain Penelitian.....	34
3.2 Objek dan Ruang Lingkup Penelitian	34
3.3 Metode Pengumpulan Data	35

3.3.1	Jenis dan Sumber Data	35
3.3.2	Alur Penelitian	36
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA atau PEMBANGUNAN SISTEM.....		47
4.1	Tahapan Define	47
4.1.1	Identifikasi Voice of Customer (VOC) Berbasis Data	47
4.1.2	Critical to Quality	49
4.2	<i>Measurement</i>	51
4.2.1	Perhitungan NPT	51
4.2.2	Availability	52
4.2.3	Performance	52
4.2.4	Quality	53
4.2.5	Overall Equipment Effectivinees (OEE)	53
4.2.6	Defects Per Million Opportunities (DPMO)	54
4.3	<i>Analyze</i>	54
4.3.1	Analisis Pareto	55
4.3.2	Analisis Fishbone	62
4.3.3	Analisis FMEA	67
4.3.4	Analisis 5 Whys	70
4.4	<i>Improve</i>	72
4.4.1	AHP	73
4.4.2	Value Added Analysis	161
4.5	<i>Model Business Process Management and Notation (BPMN)</i>	164
4.5.1	Model BPMN Eksisting	165
4.5.2	Model BPMN Usulan	168
4.6	<i>Control</i>	171
BAB V PEMBAHASAN atau PENGUJIAN SISTEM DAN PEMBAHASAN		177
5.1	Pembahasan Tahapan Define	177
5.2	Pembahasan Measurement	178
5.2.1	Pembahasan Tren Non-Productive Time (NPT)	178
5.2.2	Pembahasan Availability	179
5.2.3	Pembahasan Performance	180
5.2.4	Pembahasan Quality	181
5.2.5	Pembahasan Overall Equipment Effectiveness (OEE)	181
5.2.6	Pembahasan DPMO	183
5.2.7	Pembahasan Analyze	184
5.2.8	Pembahasan Pareto NPT Moving	184
5.2.9	Pembahasan Pareto NPT Operation	184
5.2.10	Pembahasan Fishbone NPT Moving	185
5.2.11	Pembahasan Fishbone NPT Operation	186
5.2.12	Pembahasan FMEA NPT Moving	186
5.2.13	Pembahasan FMEA NPT Operation	186
5.2.14	Pembahasan 5 Whys Moving	187
5.2.15	Pembahasan 5 Whys Operation	188
5.3	Pembahasan <i>Improve</i>	188
5.3.1	Pembahasan Improve NPT Moving	188
5.3.2	Pembahasan Improve NPT Operation	190
5.3.3	Pembahasan VAA, OEE Usulan, dan Projected Loss	191

5.3.4	Pembahasan Model BPMN	195
5.4	Pembahasan <i>Control</i>	196
5.4.1	Pembahasan PDCA.....	196
5.4.2	Pembahasan Mekanisme Eskalasi Deviasi	197
5.4.3	Pembahasan Target Kinerja.....	198
5.4.4	Pembahasan Sistem Closed-loop Control.....	198
BAB VI	PENUTUP	199
6.1	Kesimpulan.....	199
6.2	Saran.....	200
DAFTAR PUSTAKA		201
LAMPIRAN		A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	16
Tabel 2. 2 Nilai DPMO.....	22
Tabel 2. 3 Kategori Nilai RPN	29
Tabel 4. 1 <i>Voice of Customer</i>	48
Tabel 4. 2 CTQ	50
Tabel 4. 3 Perhitungan NPT	51
Tabel 4. 4 NPT berdasarkan data <i>WellView</i>	52
Tabel 4. 5 perhitungan <i>Availability</i>	52
Tabel 4. 6 Tabel Performance.....	53
Tabel 4. 7 <i>Quality</i>	53
Tabel 4. 8 <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	54
Tabel 4. 9 <i>Defects Per Million Opportunities</i>	54
Tabel 4. 10 Analisis Pareto pada NPT <i>Moving</i>	55
Tabel 4. 11 NPT <i>Operation</i>	58
Tabel 4. 12 FMEA <i>Moving</i> Level Problem	68
Tabel 4. 13 <i>Moving</i> Level Sub Problem	68
Tabel 4. 14 <i>Operating</i> Level Problem	69
Tabel 4. 15 FMEA <i>Operation</i> Level Sub Problem.....	70
Tabel 4. 16 Analisis 5 <i>Whys Moving</i>	71
Tabel 4. 17 Analisis <i>Whys Operation</i>	72
Tabel 4. 18 Profil Responden	73
Tabel 4. 19 Hasil Perbandingan Berpasangan kategori <i>Moving</i> Responden 1	76
Tabel 4. 20 Hasil Perbandingan Berpasangan kategori <i>Moving</i> Responden 2	76
Tabel 4. 21 Hasil Perbandingan Berpasangan kategori <i>Moving</i> Responden	78
Tabel 4. 22 Perhitungan perbandingan berpasangan sub-kriteria Responden 1	80
Tabel 4. 23 Perhitungan perbandingan berpasangan sub-kriteria Responden 2	81
Tabel 4. 24 Perhitungan perbandingan berpasangan sub-kriteria Responden 3	82
Tabel 4. 25 Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria.....	84
Tabel 4. 26 Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria 2.....	85
Tabel 4. 27 Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria 3.....	87
Tabel 4. 28 Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria Kemudahan Implementasi Operasional 1	89
Tabel 4. 29 Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria Kemudahan Implementasi Operasional 2	90
Tabel 4. 30 Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria Kemudahan Implementasi Operasional 3	92
Tabel 4. 31 Sub Kriteria Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	95
Tabel 4. 32 Sub Kriteria Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit 2	97
Tabel 4. 33 Sub Kriteria Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit 3	99
Tabel 4. 34 sub kriteria Sinkronisasi Lintas Fungsi 1	101
Tabel 4. 35 sub kriteria Sinkronisasi Lintas Fungsi 2	103
Tabel 4. 36 sub kriteria Sinkronisasi Lintas Fungsi 3	105
Tabel 4. 37 sub kriteria Kemampuan Deteksi Dini <i>Overload</i> Kapasitas 1.....	107
Tabel 4. 38 sub kriteria Kemampuan Deteksi Dini <i>Overload</i> Kapasitas 2.....	109
Tabel 4. 39 sub kriteria Kemampuan Deteksi Dini <i>Overload</i> Kapasitas 3.....	111

Tabel 4. 40	Perhitungan Bobot Akhir Responden 1	114
Tabel 4. 41	Perhitungan Bobot Akhir Responden 2	115
Tabel 4. 42	Perhitungan Bobot Akhir Responden 3	116
Tabel 4. 43	Rata-rata Pembobotan Akhir	116
Tabel 4. 44	perbandingan berpasangan antar kriteria pada kategori <i>Operation 1</i>	119
Tabel 4. 45	perbandingan berpasangan antar kriteria pada kategori <i>Operation 2</i>	120
Tabel 4. 46	perbandingan berpasangan antar kriteria pada kategori <i>Operation 3</i>	121
Tabel 4. 47	perhitungan perbandingan berpasangan sub-kriteria 1	124
Tabel 4. 48	perhitungan perbandingan berpasangan sub-kriteria 2	125
Tabel 4. 49	perhitungan perbandingan berpasangan sub-kriteria	126
Tabel 4. 50	Kriteria Dampak terhadap Penurunan NPT 1	128
Tabel 4. 51	Kriteria Dampak terhadap Penurunan NPT 2	129
Tabel 4. 52	Kriteria Dampak terhadap Penurunan NPT 3	131
Tabel 4. 53	Kriteria Stabilitas Eksekusi dan Kontrol <i>Scope</i>	132
Tabel 4. 54	Kriteria Stabilitas Eksekusi dan Kontrol <i>Scope 2</i>	134
Tabel 4. 55	Kriteria Stabilitas Eksekusi dan Kontrol <i>Scope 3</i>	135
Tabel 4. 56	Kriteria Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif 1	137
Tabel 4. 57	Kriteria Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif 2	138
Tabel 4. 58	Kriteria Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif 3	140
Tabel 4. 59	Pembobotan sub Kriteria Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra Eksekusi 1	143
Tabel 4. 60	Pembobotan sub Kriteria Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra Eksekusi 2	144
Tabel 4. 61	Pembobotan sub Kriteria Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra Eksekusi 3	146
Tabel 4. 62	Pembobotan terhadap sub kriteria Kemampuan Deteksi Dini Deviasi Selama Operasi 1	147
Tabel 4. 63	Pembobotan terhadap sub kriteria Kemampuan Deteksi Dini Deviasi Selama Operasi 2	149
Tabel 4. 64	Pembobotan terhadap sub kriteria Kemampuan Deteksi Dini Deviasi Selama Operasi 3	150
Tabel 4. 65	Pembobotan sub kriteria Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis 1	152
Tabel 4. 66	Pembobotan sub kriteria Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis 2	153
Tabel 4. 67	Pembobotan sub kriteria Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis 3	155
Tabel 4. 68	Perhitungan Bobot Akhir 1	158
Tabel 4. 69	Perhitungan Bobot Akhir 2	159
Tabel 4. 70	Perhitungan Bobot Akhir	160
Tabel 4. 71	Rata-rata Pembobotan Akhir	160
Tabel 4. 72	<i>Moving</i>	162
Tabel 4. 73	<i>Operation</i>	162
Tabel 4. 74	Perhitungan Proporsi NPT	163
Tabel 4. 75	OEE Usulan	163
Tabel 4. 76	<i>Production rate</i>	163
Tabel 4. 77	Harga Minyak Dunia	164
Tabel 4. 78	Perhitungan <i>Loss Reduction</i>	164
Tabel 4. 79	<i>Output</i> Simulasi Kondisi Eksisting	165
Tabel 4. 80	<i>Output</i> Simulasi Usulan	168
Tabel 4. 79	PDCA Pengendalian NPT	172

Tabel 4. 80 Mekanisme Eskalasi Deviasi Operasional.....	176
Tabel 4. 81 Target dan Indikator Kinerja Pengendalian NPT	176

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Productive Time VS NPT	2
Gambar 1. 2 Jumlah Sumur Produksi Per Tahun	3
Gambar 1. 3 Perbandingan NPT <i>Operating</i> dan NPT <i>Moving</i>	3
Gambar 2. 1 Grafik Pareto	26
Gambar 2. 2 <i>Failure mode and Effects Analysis (FMEA)</i>	27
Gambar 2. 3 Alur Penelitian	37
Gambar 4. 1 Pareto NPT <i>Moving</i>	57
Gambar 4. 2 NPT <i>Operation</i>	61
Gambar 4. 3 <i>Fishbone</i> Kondisi Lokasi Tidak Selamat	63
Gambar 4. 4 <i>Fishbone</i> Kondisi Tidak Aman	63
Gambar 4. 5 <i>Fishbone</i> Permasalahan <i>Rig</i>	64
Gambar 4. 6 <i>Fishbone</i> Permasalahan <i>Rig</i>	64
Gambar 4. 7 <i>Fishbone</i> Permasalahan Peralatan <i>Rig</i>	65
Gambar 4. 8 <i>Fishbone</i> Perlambatan kerja karena kondisi Sumur dan permintaan program	66
Gambar 4. 9 <i>Fishbone</i> ESP	66
Gambar 4. 10 <i>Fishbone</i> <i>Failure</i> Dominan	67
Gambar 4. 11 AHP <i>Moving</i>	74
Gambar 4. 12 AHP <i>Operation</i>	117
Gambar 4. 13 Model BPMN Eksisting	165
Gambar 4. 14 Model BPMN Usulan	168
Gambar 5. 1 Grafik <i>Availability</i>	179
Gambar 5. 2 Grafik <i>Performance</i>	180
Gambar 5. 3 Grafik <i>Quality</i>	181
Gambar 5. 4 Grafik OEE	182
Gambar 5. 5 Grafik Perbandingan OEE Eksisting dan Usulan	193
Gambar 5. 6 Grafik Hasil Simulasi	195

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

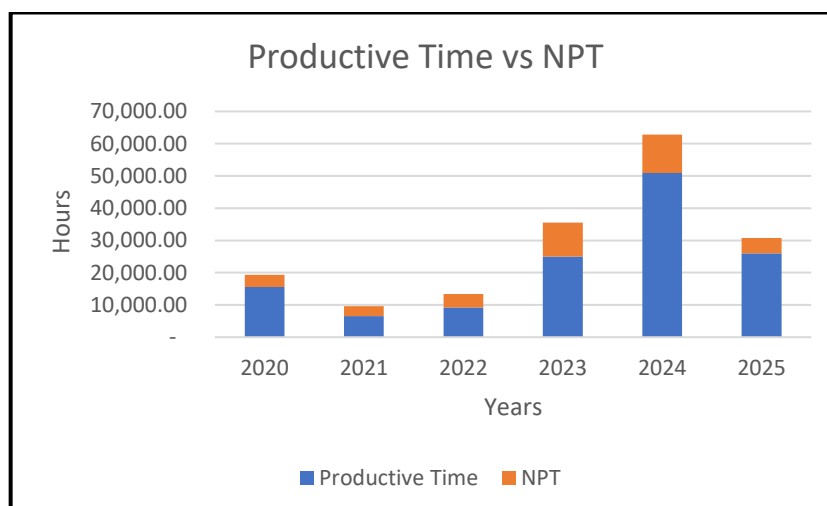
Industri hulu minyak dan gas merupakan sektor dengan tingkat kompleksitas operasional yang tinggi, di mana pengelolaan waktu dan biaya menjadi faktor penentu keberhasilan kegiatan produksi. Setiap keterlambatan operasi berpotensi menimbulkan peningkatan biaya serta kehilangan peluang produksi, sehingga efisiensi proses operasional menjadi aspek yang sangat krusial. Dalam siklus operasional Sumur minyak, salah satu aktivitas penting adalah *well intervention*, yaitu pekerjaan perawatan dan perbaikan Sumur yang bersifat diskrit dan berbasis proyek, berbeda dengan operasi produksi rutin yang berlangsung secara kontinu. Karakteristik ini menyebabkan *operasi well intervention* memiliki tingkat ketidakpastian yang lebih tinggi, baik dari sisi teknis maupun proses operasional (Dachyar & Pratama, 2022).

Pada praktiknya, durasi pekerjaan *well intervention* sering kali tidak seragam meskipun dilakukan pada Sumur dengan karakteristik teknis yang relatif serupa. Ketidakkonsistenan durasi tersebut banyak dipengaruhi oleh aktivitas yang tidak secara langsung menghasilkan kemajuan teknis pekerjaan, seperti waktu tunggu peralatan, keterlambatan mobilisasi, koordinasi lintas fungsi, serta aktivitas pendukung lainnya. Aktivitas-aktivitas ini dikenal sebagai *Non-Productive Time* (NPT) dan menjadi *Sumber* utama inefisiensi proses operasi. Dalam operasi Sumur minyak dan pekerjaan intervensi, NPT dilaporkan berada pada kisaran 20–30% dari total waktu operasi, dan pada kondisi tertentu dapat melebihi 30% hingga mendekati 45%, yang menunjukkan bahwa hampir sepertiga hingga mendekati setengah durasi pekerjaan tidak memberikan nilai tambah terhadap pencapaian tujuan operasi (Assi, 2022; Cantarelli et al., 2023).

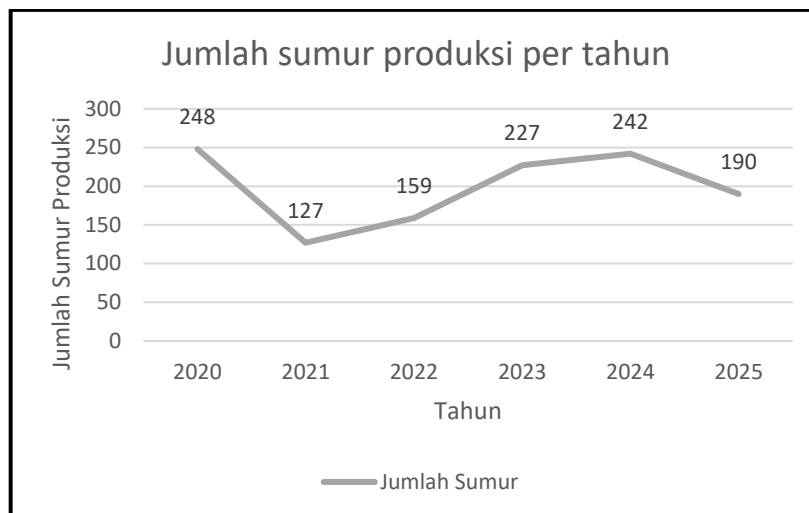
Aktivitas yang paling dominan menyebabkan NPT dalam operasi Sumur meliputi waktu tunggu peralatan dan material, perbaikan atau kegagalan peralatan, inspeksi dan prosedur keselamatan, gangguan logistik, serta koordinasi lintas fungsi yang tidak optimal. Studi pada operasi *workover* dan *well service* menunjukkan bahwa inspeksi keselamatan dan perbaikan peralatan dapat menyumbang lebih dari 80% total NPT, sementara waktu tunggu peralatan menyumbang sekitar 15–20% dari waktu tidak

produktif. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar NPT berasal dari aktivitas pendukung operasional, bukan dari pekerjaan teknis utama Sumur (Suranta et al., 2023; Obomejero et al., 2025).

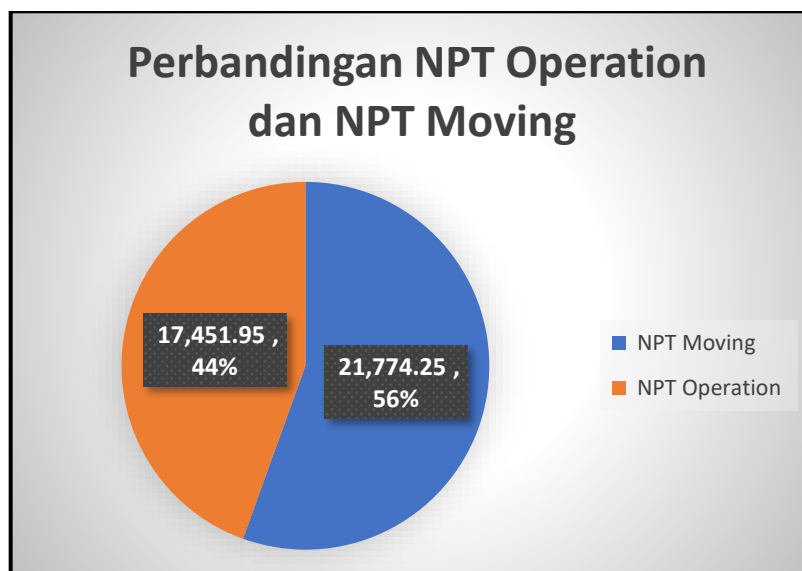
Tingginya proporsi NPT berdampak langsung terhadap peningkatan biaya operasional dan hilangnya peluang produksi. Penelitian di beberapa lapangan minyak menunjukkan bahwa peningkatan NPT sebesar 10% dapat menyebabkan kenaikan total biaya operasi hingga 8–15%, tergantung pada jenis *rig* dan kompleksitas pekerjaan. Selain itu, keterlambatan penyelesaian *well intervention* menyebabkan Sumur tertunda untuk kembali berproduksi, sehingga menimbulkan kerugian produksi yang tidak dapat dipulihkan. Kondisi ini menunjukkan bahwa permasalahan NPT tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga mencerminkan kelemahan dalam perencanaan, pengendalian, dan desain proses operasional (Emhanna, 2025; Eteyen, 2024).



Gambar 1. 1 Productive Time VS NPT



Gambar 1. 2 Jumlah Sumur Produksi Per Tahun



Gambar 1. 3 Perbandingan NPT *Operating* dan NPT *Moving*

Berdasarkan gambar 1.1 rekapitulasi durasi operasi kegiatan *well intervention* periode 2020–2025, terlihat adanya peningkatan signifikan pada skala dan intensitas operasi, terutama sejak tahun 2023. Berdasarkan data pada Gambar 1.2, permasalahan utama yang muncul bukan sekadar peningkatan volume pekerjaan, tetapi meningkatnya akumulasi waktu tidak produktif seiring eskalasi aktivitas operasi. Sejak tahun 2023, total durasi operasi meningkat tajam dan diikuti lonjakan NPT yang signifikan hingga menembus lebih dari 10.000 jam per tahun. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan intensitas pekerjaan tidak diimbangi dengan pengendalian efisiensi waktu operasi.

Secara agregat, NPT mencapai 39.726,20 jam atau 21,31% dari total waktu operasi. Artinya, lebih dari seperlima waktu kerja tidak menghasilkan nilai produktif. Pada skala durasi operasi yang besar, proporsi tersebut merepresentasikan kehilangan

waktu yang substansial dan berdampak langsung terhadap efisiensi biaya maupun potensi kehilangan produksi. Permasalahan menjadi lebih spesifik ketika dilihat dari distribusi kategorinya. Berdasarkan rekapitulasi data pada gambar 1.3, 56% NPT berasal dari aktivitas *moving*, sedangkan 44% berasal dari aktivitas *Operation*. Dominasi pada aktivitas *moving* menunjukkan bahwa Sumber utama inefisiensi tidak terletak pada pekerjaan teknis inti di Sumur, melainkan pada proses perpindahan rig, mobilisasi, serta transisi antaraktivitas. Dengan demikian, isu utama yang teridentifikasi dari data adalah rendahnya efektivitas pengelolaan waktu pada fase non-operasional yang berulang dan sistemik. Temuan ini mengindikasikan bahwa perbaikan yang dibutuhkan tidak hanya berfokus pada aspek teknis operasi Sumur, tetapi pada pengendalian dan optimasi alur kerja, khususnya pada aktivitas *moving* yang menjadi kontributor terbesar terhadap total NPT.

Berdasarkan tren peningkatan durasi operasi dan besarnya proporsi NPT terhadap total waktu kerja, diperlukan suatu pendekatan evaluasi kinerja yang mampu mengaitkan kehilangan waktu dengan efektivitas pemanfaatan waktu operasi secara menyeluruh. Evaluasi yang selama ini terbatas pada pencatatan durasi kejadian belum mampu menunjukkan hubungan antara NPT, stabilitas durasi pekerjaan, serta prioritas perbaikan yang paling berdampak terhadap peningkatan efektivitas operasi.

Dalam praktik operasional di perusahaan operator migas XYZ, penanganan *Non-Productive Time* (NPT) umumnya dilakukan melalui pendekatan *Root Cause Analysis* (RCA) yang bersifat investigatif terhadap kejadian tertentu. Untuk permasalahan dengan tingkat dampak ringan, analisis dilakukan menggunakan *Fishbone Diagram* guna mengidentifikasi faktor-faktor penyebab secara cepat dan menyusun rekomendasi perbaikan. Sementara itu, pada kejadian dengan dampak yang lebih signifikan, analisis diperdalam menggunakan metode *5 Whys* untuk menelusuri akar penyebab secara lebih rinci. Pendekatan tersebut efektif dalam menyelesaikan permasalahan pada level kasus individual (*case-based analysis*), namun masih bersifat reaktif dan berorientasi pada kejadian yang telah terjadi.

Pendekatan yang diterapkan saat ini belum terintegrasi dalam kerangka evaluasi kinerja proses secara menyeluruh berbasis data historis agregat. Analisis yang dilakukan belum secara kuantitatif mengaitkan besarnya durasi NPT dengan indikator efektivitas operasi, seperti *Availability*, *Performance*, dan *Quality* dalam kerangka *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Akibatnya, perusahaan belum memiliki gambaran

komprehensif mengenai sejauh mana NPT memengaruhi efektivitas pemanfaatan waktu operasi secara sistemik, serta belum memiliki mekanisme prioritas penyebab berbasis tingkat risiko dan kontribusi durasi aktual.

Seiring dengan meningkatnya volume dan kompleksitas operasi *well intervention* pada periode 2020–2025, diperlukan pendekatan yang tidak hanya berfokus pada investigasi kejadian individual, tetapi juga mampu mengevaluasi efektivitas proses secara kuantitatif, mengidentifikasi aktivitas dominan penyumbang NPT berdasarkan distribusi durasi aktual, serta menentukan prioritas penyebab berdasarkan tingkat risiko dan dampaknya terhadap kinerja operasional. Dengan demikian, terdapat kebutuhan akan suatu kerangka analisis yang terintegrasi, sistematis, dan berbasis data historis.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas *Non-Productive Time* dan efisiensi operasi Sumur, sebagian besar studi berfokus pada analisis penyebab secara *parsial* atau pada konteks *drilling* dan produksi kontinu. Penelitian yang secara khusus mengintegrasikan pengukuran efektivitas berbasis OEE dengan pendekatan *Lean Six Sigma* untuk menganalisis dan memprioritaskan penyebab NPT pada operasi *well intervention* berbasis rig masih terbatas. Dengan demikian, terdapat ruang penelitian untuk mengembangkan kerangka evaluasi yang lebih sistematis, terukur, dan terintegrasi dalam konteks operasi *well intervention*.

Berbagai *framework continuous improvement* seperti *Value Stream Mapping* (VSM), DMADV, dan DMAIC memiliki fokus dan karakteristik yang berbeda dalam penyelesaian masalah operasional. VSM umumnya digunakan untuk memetakan aliran proses dan mengidentifikasi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*waste*), sedangkan DMADV lebih difokuskan pada perancangan atau *redesign* proses baru ketika proses *existing* belum mampu memenuhi target performa yang diharapkan. Sementara itu, DMAIC berfokus pada perbaikan dan optimasi proses *existing* berbasis data historis melalui tahapan *define, measure, analyze, improve, dan control* secara sistematis dan terintegrasi (Cronemyr, 2007; Martínez-Cerón et al., 2022).

Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan pendekatan Lean Six Sigma dengan kerangka *Define–Measure–Analyze–Improve–Control* (DMAIC) untuk menganalisis dan meningkatkan efektivitas proses operasi *well intervention* secara sistematis dan berbasis data historis *WellView*. Pengukuran efektivitas operasi dilakukan menggunakan indikator *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang mencerminkan aspek *Availability, Performance, dan Quality*, sehingga besarnya kehilangan waktu akibat NPT dapat diukur

secara kuantitatif. Selanjutnya, analisis akar penyebab dan penentuan prioritas perbaikan dilakukan melalui pendekatan Pareto berbasis durasi, *Fishbone Diagram*, *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), serta pendalaman akar penyebab menggunakan *5 Whys*, guna merumuskan usulan perbaikan yang terarah, terukur, dan berkelanjutan dalam rangka reduksi NPT pada operasi *well intervention* di Lapangan X.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan data historis periode 2020–2025, total *Non-Productive Time* (NPT) pada operasi *well intervention* berbasis rig di Lapangan X mencapai 39.726,20 jam atau 21,31% dari total durasi operasi, dengan lebih dari 10.000 jam per tahun sejak 2023. Distribusi NPT menunjukkan 56% berasal dari aktivitas *moving* dan 44% dari *Operation*, yang mengindikasikan belum optimalnya efektivitas pemanfaatan waktu operasi dalam kerangka *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Aktivitas dominan penyumbang NPT dan kontribusinya terhadap komponen *Availability* dan *Performance* belum teridentifikasi secara kuantitatif berdasarkan data historis.

Selain itu, akar penyebab dominan NPT belum dianalisis secara sistematis berbasis tingkat risiko, serta belum terdapat mekanisme prioritasasi strategi perbaikan yang terstruktur menggunakan pendekatan multi-kriteria yaitu AHP. Mekanisme pengendalian (*Control*) untuk memastikan keberlanjutan peningkatan kinerja operasi dalam kerangka DMAIC juga belum dirancang secara terintegrasi. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian yang mampu menganalisis tingkat efektivitas operasi *well intervention*, mengidentifikasi faktor dominan penyebab NPT, serta merumuskan prioritas strategi perbaikan dan mekanisme pengendalian yang tepat untuk meningkatkan kinerja operasi secara berkelanjutan. Berdasarkan uraian tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat efektivitas pemanfaatan waktu operasi *well intervention* di Lapangan X berdasarkan indikator *Overall Equipment Effectiveness*, serta aktivitas operasional apa yang menjadi kontributor dominan terhadap *Non-Productive Time* (NPT) dan besarnya kontribusi terhadap total durasi operasi?
2. Faktor proses dan non-teknis apa yang menjadi akar penyebab dominan terjadinya NPT pada aktivitas *well intervention*, serta bagaimana pengaruh variasi NPT tersebut terhadap komponen *Availability*, *Performance* dan *Quality* pada OEE?

3. Perbaikan proses apa yang paling berpengaruh dalam menurunkan NPT dan meningkatkan efektivitas waktu operasi berdasarkan pendekatan multi-kriteria menggunakan AHP , serta bagaimana mekanisme pengendalian (*Control*) yang dapat dirancang untuk memastikan keberlanjutan kinerja operasi *well intervention* di Lapangan X dalam kerangka DMAIC?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis tingkat efektivitas pemanfaatan waktu operasi *well intervention* di Lapangan X berdasarkan indikator *Overall Equipment Effectiveness*, serta mengidentifikasi aktivitas operasional yang menjadi kontributor dominan terhadap *Non-Productive Time* (NPT) beserta besarnya kontribusi terhadap total durasi operasi.
2. Mengidentifikasi dan menganalisis akar penyebab dominan terjadinya NPT pada aktivitas *well intervention* serta mengevaluasi pengaruh variasi NPT terhadap komponen *Availability*, *Performance* dan *Quality* pada OEE.
3. Menentukan dan memprioritaskan perbaikan proses yang paling berpengaruh dalam menurunkan *Non-Productive Time* (NPT) dan meningkatkan efektivitas waktu operasi *well intervention* berbasis rig di Lapangan X menggunakan pendekatan multi-kriteria AHP, serta merancang mekanisme pengendalian (*Control*) untuk memastikan keberlanjutan peningkatan kinerja dalam kerangka DMAIC.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Bagi Perusahaan
 1. Mendukung pengambilan keputusan operasional dalam perencanaan dan pengendalian pekerjaan *well intervention*.
 2. Menjadi bahan evaluasi kinerja proses operasi berbasis data aktual lapangan.
 3. Dapat dijadikan model analisis untuk pekerjaan *well intervention* di lapangan lain dengan karakteristik serupa.
- Bagi Akademik

1. Menambah referensi akademik terkait penerapan *Lean Six Sigma* (DMAIC) dan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada operasi *well intervention* di industri hulu migas.
 2. Memberikan contoh penerapan analisis efektivitas waktu operasi berbasis data *WellView* pada kegiatan non-manufaktur.
 3. Mendukung pengembangan kajian efisiensi proses operasional pada pekerjaan perawatan Sumur minyak yang bersifat diskrit dan berbasis proyek.
- Bagi Penelitian Selanjutnya
1. Menjadi referensi metodologis bagi penelitian efisiensi operasi di industri hulu migas berbasis data operasional.
 2. Dapat dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan analisis biaya, risiko operasional, atau integrasi metode perbaikan lainnya.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian menjelaskan bagian yang tidak dibahas dalam penelitian.

1. Objek penelitian dibatasi pada kegiatan *well intervention* berbasis *rig* (*rig-based intervention/workover rig*) yang dilaksanakan di Lapangan X, dan tidak mencakup kegiatan *rigless intervention* seperti *wireline unit*, *coiled tubing unit*, atau *hydraulic workover unit* yang berdiri sendiri.
2. Analisis difokuskan pada aspek durasi waktu operasi dan efektivitas proses pada pekerjaan *well intervention* berbasis *rig*. Evaluasi keekonomian tidak dilakukan secara komprehensif dalam bentuk analisis investasi seperti *Net Present Value* (NPV) atau *Internal Rate of Return* (IRR). Namun, penelitian ini mencakup estimasi sederhana terhadap dampak ekonomi berupa perkiraan *expected loss* akibat NPT dalam bentuk biaya operasional dan potensi kehilangan produksi (*barrel oil*) sebagai indikator konsekuensi finansial.
3. *Non-Productive Time* (NPT) yang dianalisis dibatasi pada NPT operasional yang terjadi dalam pekerjaan *well intervention* berbasis *rig*, seperti waktu tunggu, keterlambatan mobilisasi *rig*, gangguan logistik, inspeksi keselamatan, serta perbaikan atau kegagalan peralatan, dan tidak mencakup kejadian *force majeure* atau faktor eksternal di luar kendali operasional.
4. Usulan perbaikan yang dihasilkan bersifat rekomendasi operasional dan manajerial tanpa dilakukan implementasi langsung maupun pengujian efektivitas di lapangan selama periode penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian induktif dalam penelitian ini membahas penelitian-penelitian terdahulu yang memiliki kesesuaian tema dengan penelitian yang dilakukan, khususnya pada industri hulu minyak dan gas yang berfokus pada peningkatan efektivitas operasi dan pengurangan *Non-Productive Time* (NPT) menggunakan pendekatan DMAIC, OEE, dan FMEA. Kajian ini bertujuan untuk menjaga keaslian penelitian serta digunakan sebagai pembanding teori, metode, dan objek penelitian yang diperoleh dari jurnal ilmiah, prosiding seminar, dan publikasi terkait. Selain itu, kajian ini berperan dalam mengidentifikasi *state of the art* dan menentukan posisi penelitian saat ini sebagai bentuk evaluasi dan pengembangan dari penelitian sebelumnya, khususnya dalam penerapan analisis efektivitas operasional *well intervention* berbasis data *WellView*.

2.1.1 Penerapan Metode DMAIC

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *Lean Six Sigma* berbasis DMAIC telah banyak diterapkan untuk meningkatkan kualitas proses dan efisiensi operasional di berbagai sektor industri.

Pada sektor manufaktur dan produksi, DMAIC terbukti efektif dalam menurunkan tingkat cacat serta meningkatkan kapabilitas proses. Jou et al. (2022) melaporkan penurunan DPMO dari 301,24 menjadi 40,99 dengan peningkatan level sigma dari 4,93 menjadi 5,44. Mittal et al. (2023) juga menunjukkan penurunan reject rate dari 5,5% menjadi 3,08% dengan peningkatan sigma level dari 3,9 menjadi 4,45. Selain itu, Sumasto et al. (2022) menunjukkan peningkatan level sigma dari 0,66 menjadi 2,40 disertai penurunan biaya kualitas sebesar Rp39.100.000. Penelitian Linna et al. (2025) dan Nirfison & Soesilo (2022) juga menunjukkan bahwa DMAIC mampu mengidentifikasi *Sumber* kecacatan dominan berdasarkan nilai DPMO

dan level sigma, sementara Ahmad Fadila et al. (2025) menunjukkan bahwa meskipun kapabilitas proses telah mencapai sigma 4,84, pengendalian proses tetap diperlukan untuk menjaga stabilitas kualitas.

Maulana & Arvianto (2025) menunjukkan bahwa integrasi DMAIC dan FMEA mampu mengidentifikasi penyebab utama delay operasional, di mana delay menyumbang 76,06% waktu kerja dengan nilai RPN tertinggi sebesar 80.

Pada aspek efisiensi operasional, DMAIC terbukti mampu mengurangi pemborosan proses dan meningkatkan produktivitas. Hajji et al. (2025) melaporkan penurunan cycle time sebesar 37,9% dan error rate hingga di bawah 1%. Rochmad et al. (2025) juga menunjukkan penurunan *downtime* sistem produksi sebesar sekitar 63%, sementara Alarcón et al. (2024) melaporkan penurunan kehilangan bahan baku sebesar 54% dan kehilangan produk sebesar 40% setelah implementasi Lean Six Sigma.

Pada aspek pengendalian kualitas, kombinasi DMAIC dan FMEA juga terbukti efektif dalam menurunkan tingkat kecacatan produk. Pramudya Wardana & Widiasih (2023) melaporkan bahwa tingkat cacat berhasil diturunkan dari 3,42% menjadi 1,14% setelah implementasi metode tersebut. Hasil serupa juga ditemukan oleh Dwi Aldi & Rahmatullah (2023), yang mengidentifikasi 1.343 cacat dari 20.649 unit produksi dengan nilai RPN tertinggi sebesar 140, di mana faktor manusia menjadi penyebab dominan yang berhasil diidentifikasi melalui pendekatan DMAIC–FMEA.

Dalam konteks industri minyak dan gas, penerapan DMAIC juga menunjukkan peningkatan efisiensi operasional. Agusman (2023) melaporkan penurunan kadar BS&W dari 0,67% menjadi 0,41% serta pengurangan konsumsi fuel gas yang menghasilkan penghematan energi sebesar 25,684 MMSCF dan penghematan biaya sebesar US\$181.847,95. Selain itu, Oluwaseyi et al. (2025) menunjukkan bahwa penerapan Lean Six Sigma pada tahap pre-spud *planning* mampu meminimalkan risiko *Non-Productive Time* (NPT), dengan kontribusi terbesar berasal dari strategi project management (80%), early well *planning* (76%), dan *logistic reliability* (72%).

Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa efektivitas DMAIC dapat ditingkatkan melalui integrasi dengan metode analitik lainnya. Wang, Nguyen, et al. (2025) menunjukkan bahwa integrasi DMAIC dan MCDM mampu meningkatkan finished product rate dari 69% menjadi sekitar 79–81% serta menghasilkan penghematan biaya tahunan sebesar USD 1,93 juta. Kregel et al. (2021) menunjukkan bahwa integrasi Process Mining dalam proyek DMAIC

mampu mengurangi jumlah tahapan proses hingga 74%, sementara Arum et al. (2022) menunjukkan bahwa integrasi OEE dan Six Sigma efektif dalam mengidentifikasi *Sumber* kerugian dominan pada sistem produksi.

Secara keseluruhan, berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa pendekatan DMAIC secara konsisten efektif dalam meningkatkan kualitas proses, menurunkan tingkat cacat, mengurangi pemborosan operasional, serta meningkatkan efisiensi sistem produksi di berbagai sektor industri.

2.1.2 Penerapan Metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* banyak digunakan sebagai indikator utama untuk mengevaluasi kinerja mesin serta mengidentifikasi *Sumber* kerugian operasional. Wang, Hsueh, et al. (2025) melaporkan nilai OEE sebesar 79,37%, 78,01%, dan 76,34% yang masih berada di bawah standar world-class 85%, sehingga analisis TOPSIS merekomendasikan *Reliability-Centered Maintenance* sebagai strategi optimal. Penelitian Mncwango & Mdunge (2025) serta Alyva Zahira Perdhana et al. (2025) juga menunjukkan nilai OEE yang rendah, masing-masing berkisar 32%–47% dan 24%, yang dipengaruhi oleh tingginya *downtime* dan *breakdown losses* sehingga berdampak pada kerugian operasional dan finansial.

Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa OEE efektif dalam mengidentifikasi faktor dominan penyebab rendahnya efektivitas mesin. Ramadhan & Jufriyanto (2026) melaporkan nilai OEE sebesar 47,12% dengan komponen kritis memiliki RPN tertinggi 192, sedangkan Hermawan & Akmal (2022) menemukan bahwa *reduced speed losses* sebesar 48% menjadi penyumbang terbesar kehilangan efektivitas.

Arnanda et al. (2026) menunjukkan bahwa integrasi OEE dan Fuzzy FMEA mampu mengidentifikasi kegagalan berdampak tinggi dengan nilai FRPN tertinggi sebesar 253,5, meskipun nilai OEE rata-rata mencapai 75,90%.

Selain itu, implementasi strategi perbaikan berbasis OEE terbukti mampu meningkatkan produktivitas sistem produksi. Kurnia et al. (2022) menunjukkan bahwa penerapan PDCA dan OEE meningkatkan nilai OEE dari 63% menjadi 73%, sedangkan Singh et al. (2022) melaporkan peningkatan OEE pada beberapa workstation setelah penerapan *Total Productive Maintenance (TPM)*. Sofi Miftah Alrasyid et al. (2024) juga menunjukkan bahwa simulasi peningkatan kinerja alat berat mampu meningkatkan OEE dari 66% dan 45% menjadi 72% dan 73% sehingga target produktivitas tercapai.

Selain sebagai alat evaluasi, OEE juga digunakan dalam analisis sistem dan pengembangan teknologi operasional. Hia et al. (2022) menunjukkan bahwa penerapan *Autonomous Haulage System* (AHS) meningkatkan efektivitas operasional dengan peningkatan *Operational performance* sebesar 16,1% serta penurunan waktu antrean pemuatan hingga 40,6%. Sementara itu, Thiede (2023) menunjukkan bahwa *machine learning* berbasis data energi mampu memprediksi nilai OEE dengan akurasi yang memadai.

Secara keseluruhan, berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa OEE merupakan indikator yang efektif dalam mengevaluasi kinerja mesin, mengidentifikasi *Sumber* kerugian operasional, serta mendukung peningkatan produktivitas dan efisiensi sistem produksi.

2.1.3 Penerapan Metode VSM

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Value Stream Mapping* (VSM) juga telah terbukti efektif secara luas untuk memetakan aliran nilai sistem produksi, mengidentifikasi pemborosan (*waste*), serta mengefisienkan waktu operasional.

Penelitian yang dilakukan (Lee et al., 2025) menerapkan *Lean Manufacturing* menggunakan alat *Value Stream Mapping* (VSM) untuk mengevaluasi dan meningkatkan efisiensi pada lini produksi pengisian gas oksigen. Hasil penelitian mengidentifikasi tiga pemborosan kritis utama yakni *waste transportation* (18%), *waste process* (18%), dan *waste motion* (16%) yang direkomendasikan untuk direduksi secara signifikan melalui standarisasi prosedur (SOP), penataan letak fasilitas kerja, serta pemanfaatan teknologi pemantauan otomatis.

Penelitian oleh (Horsthofer-Rauch et al., 2024) berhasil mengimplementasikan digitalisasi *value stream mapping* (VSM) terintegrasi keberlanjutan menggunakan pendekatan *Process Mining* pada data sistem produksi nyata yang didasarkan pada pemenuhan 11 *User Stories* utama. Hasil penelitian membuktikan bahwa sistem ini secara efektif mampu menyajikan dasbor analitik yang tidak hanya mengukur waktu tunggu (*lead time*) rantai pasok, tetapi juga sukses memvisualisasikan indikator ekologis secara otomatis, seperti mengkalkulasi konsumsi daya dan mengonversinya menjadi emisi ekuivalen CO₂ pada setiap proses produksi.

Penelitian oleh (Wang et al., 2024) mengintegrasikan alat *Lean Manufacturing* seperti *Value Stream Mapping* (VSM), Kanban, dan simulasi Arena untuk mengoptimalkan proses produksi pada sebuah perusahaan furnitur. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi yang sangat signifikan, terbukti dari penurunan *lead time* dan peningkatan *Process Cycle Efficiency* (PCE)

masing-masing sebesar 92%, reduksi waktu *Work In Progress* (WIP) sekitar 90%, serta penghapusan total (100%) terhadap waktu tunggu bahan baku (*Raw Material*).

Penelitian oleh (Yanti et al., 2022) mengintegrasikan *Value Stream Mapping* (VSM) dan *Root Cause Analysis* (RCA) untuk mengidentifikasi serta mereduksi pemborosan (*waste*) pada lini produksi kusen pintu di CV. TMJ. Hasil penelitian merumuskan usulan perbaikan preventif berupa pembuatan kartu laporan dan standar prosedur pemeliharaan mesin guna menekan dominasi *waste waiting*, *defect*, dan *motion*, sehingga diharapkan mampu meningkatkan efisiensi siklus proses (PCE) yang sebelumnya hanya mencapai 69,40%.

Penelitian oleh (Md Rahamat Ullah et al., 2024) menerapkan metode *Value Stream Mapping* (VSM) terintegrasi dengan prinsip *Lean* pada industri manufaktur elektronik untuk menganalisis dan menghilangkan aktivitas tanpa nilai tambah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini sukses memberikan dampak operasional dan finansial yang sangat signifikan, terbukti dari penurunan drastis pada waktu tunggu produksi (*lead time*) sebesar 67,84% sekaligus menghemat biaya produksi sebesar 8,69%.

Berdasarkan tinjauan berbagai literatur di atas, dapat disimpulkan bahwa implementasi *Value Stream Mapping* (VSM) yang diintegrasikan dengan metode pendukung lainnya terbukti menjadi instrumen yang sangat komprehensif dan adaptif untuk mereduksi pemborosan kritis, memangkas waktu tunggu (*lead time*) serta biaya operasional, sekaligus mendorong peningkatan efisiensi dan keberlanjutan proses di berbagai sektor manufaktur.

2.1.4 Penerapan Metode DMADV

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *Design for Six Sigma* (DFSS) berbasis DMADV telah banyak diterapkan untuk mendesain ulang proses atau merancang sistem bantu baru guna meningkatkan kualitas produksi secara proaktif di berbagai sektor industri.

Penelitian yang dilakukan (Ruwiyanto et al., 2021) mengimplementasikan metode *Lean Six Sigma* dengan pendekatan DMADV untuk merancang ulang bentuk *pulley* pada sistem *Automatic Length Control* (ALC) di mesin produksi. Hasil penelitian membuktikan bahwa desain *pulley* baru dengan permukaan datar tersebut sangat efektif karena berhasil menurunkan angka *breakdown maintenance* secara signifikan sebesar 88,1%, yaitu dari 185 kejadian turun drastis menjadi hanya 22 kejadian

Penelitian (Putra & Muchtiar, 2023) menerapkan metode *Design for Six Sigma* (DFSS) dengan konsep DMADV untuk memperbaiki kualitas proses produksi pada sebuah industri manufaktur makanan berdasarkan observasi pada pesanan produksi sebanyak 50 Kg.

Merespons masalah cuaca yang memangkas waktu penjemuran ideal dari 7 jam menjadi hanya 5 jam, penelitian ini menghasilkan rancangan alat bantu pengering khusus berdasarkan 3 nilai metrik tertinggi (pemanasan stabil, posisi, dan wadah penjemuran) untuk mencegah produk berjamur dan terkontaminasi debu.

Penelitian yang dilakukan oleh (Taufiqurrahman, 2021) berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem informasi *preventive maintenance* terdigitalisasi (berbasis web dan *database* MySQL) untuk menggantikan sistem manual berbasis kertas pada fasilitas perangkat BTS. Penggunaan sistem informasi ini terbukti efektif mengatasi masalah hilangnya dokumen dan sulitnya pencarian data. Berdasarkan hasil kuesioner evaluasi, terjadi peningkatan kualitas manajemen data yang signifikan; persepsi kemudahan pengguna yang awalnya dinilai buruk di angka 53,3% saat menggunakan dokumen kertas, meningkat drastis menjadi 84,4% setelah sistem informasi *preventive maintenance* tersebut diterapkan

Penelitian oleh (Bello & Maladzhi, 2025) menerapkan metodologi *Six Sigma* DMADV yang dikombinasikan dengan Analisis Elemen Hingga (FEA) untuk merancang sistem mesin pencampur bata beton (*concrete masonry*) baru guna meningkatkan kualitas produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain "Model L" merupakan rancangan paling optimal yang sukses meningkatkan kualitas manufaktur, mengurangi cacat, dan memastikan konsistensi dengan tingkat tegangan 5,271 MPa serta faktor keamanan 1,01.

Berdasarkan berbagai tinjauan literatur tersebut, dapat disimpulkan bahwa metodologi DMADV sangat adaptif dan terbukti efektif untuk menciptakan rancangan baru yang presisi mulai dari komponen mesin, alat bantu fisik, hingga digitalisasi sistem informasi guna mencegah kegagalan proses dan mengoptimalkan kualitas produksi secara proaktif di berbagai sektor industri.

2.1.5 Penerapan Metode AHP

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) efektif digunakan untuk mengevaluasi dan memprioritaskan alternatif keputusan pada sistem yang melibatkan banyak kriteria. Afolabi et al. (2025) menerapkan Fuzzy MCDM pada industri oil and gas dengan mengombinasikan FAHP, TOPSIS, PROMETHEE, dan VIKOR untuk mengevaluasi metode *Non-Destructive Testing* (NDT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *spatial resolution* (0,175) menjadi kriteria teknis paling penting, sedangkan *downtimecost* (0,210) dan *Operational cost* (0,190) dominan secara ekonomi, dengan *Radiographic Testing* (RT) sebagai alternatif terbaik (skor 0,665).

Pendekatan MCDM juga digunakan dalam evaluasi strategi pada sektor energi. Lugo et al. (2025) mengintegrasikan AHP dan PROMETHEE untuk menilai alternatif transisi energi pada pembangkit listrik tenaga batubara. Hasil analisis menunjukkan bahwa konversi penuh ke natural gas memperoleh nilai *net flow* tertinggi ($\phi = +0,0368$), diikuti oleh hybrid coal–natural gas ($\phi = +0,0257$), sedangkan decommissioning menjadi alternatif dengan peringkat terendah ($\phi = -0,0578$).

Selain itu, Mohammadnazari et al. (2022) menerapkan pendekatan MCDM berbasis AHP yang dikombinasikan dengan TOPSIS, VIKOR, ELECTRE III, dan PROMETHEE untuk pemeringkatan proyek pada industri manufaktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proyek A1 dan A6 menjadi alternatif terbaik berdasarkan agregasi metode, dengan kriteria dominan berupa robustness, gross output value, dan customer satisfaction. Validasi menggunakan Artificial Neural Network (ANN) juga menunjukkan konsistensi hasil pemeringkatan, sehingga memperkuat keandalan model dalam pengambilan keputusan.

Secara umum, berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa pendekatan MCDM efektif dalam mendukung pengambilan keputusan kompleks melalui pembobotan kriteria serta pemeringkatan alternatif secara sistematis dan terukur.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Obyek (Industri)					Metode				
	<i>Oil and Gas</i>	<i>Mining</i>	<i>Manufacture</i>	<i>Logistics</i>	<i>Energy</i>	<i>DMAIC</i>	<i>DMADV</i>	<i>VSM</i>	<i>OEE</i>	<i>AHP</i>
(Oluwaseyi et al., 2025)	√					√				
(Ruwiyanto et al., 2021)			√				√			
(Wang, Hsueh, et al., 2025)	√								√	
(Agusman, 2023)	√					√				
(Hia et al., 2022)		√							√	
(Kregel et al., 2021)		√				√				
(Lee et al., 2025)	√							√		
(Jou et al., 2022)			√			√				
(Mittal et al., 2023)			√			√				
(Thiede, 2023)			√					√		
(Mncwango & Mdunge, 2025)			√			√			√	
(Alarcón et al., 2024)			√			√				
(Singh et al., 2022)			√						√	
(Wang, Nguyen, et al., 2025)			√			√				
(Hajji et al., 2025)				√		√				
(Maulana & Arvianto, 2025)				√		√				

Peneliti	Obyek (Industri)					Metode				
	<i>Oil and Gas</i>	<i>Mining</i>	<i>Manufacture</i>	<i>Logistics</i>	<i>Energy</i>	<i>DMAIC</i>	<i>DMADV</i>	<i>VSM</i>	<i>OEE</i>	<i>AHP</i>
(Ahmad Fadila et al., 2025)			√			√				
(Arnanda et al., 2026)			√						√	
(Alyva Zahira Perdhana et al., 2025)			√			√			√	
(Md Rahamat Ullah et al., 2024)			√					√		
(Ramadhan & Jufriyanto, 2026)			√						√	
(Sumasto et al., 2022)			√			√				
(Kurnia et al., 2022)			√						√	
(Arum et al., 2022)			√			√			√	
(Yanti et al., 2022)			√					√		
(Putra & Muchtiar, 2023)			√				√			
(Taufiqurrahman, 2021)			√				√			
(Pramudya Wardana & Widiasih, 2023)			√			√				
(Sofi Miftah Alrasyid et al., 2024)		√							√	
(Wang et al., 2024)			√					√		
(Bello & Maladzhi, 2025)			√				√			
(Rochmad et al., 2025)			√			√				
(Linna et al., 2025)				√		√				

Peneliti	Obyek (Industri)					Metode				
	<i>Oil and Gas</i>	<i>Mining</i>	<i>Manufacture</i>	<i>Logistics</i>	<i>Energy</i>	<i>DMAIC</i>	<i>DMADV</i>	<i>VSM</i>	<i>OEE</i>	<i>AHP</i>
(Horsthofer-Rauch et al., 2024)		√						√		
(Dwi Aldi & Rahmatullah, 2023)			√			√				
(Hermawan & Akmal, 2022)			√						√	
(Nirfison & Soesilo, 2022)			√			√				
(Afolabi et al., 2025)	√									√
(Lugo et al., 2025)					√					√
(Mohammadnazari et al., 2022)			√							√
Usulan	√					√			√	√

Berdasarkan tinjauan literatur pada *State of the Art*, sebagian besar penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan *Lean Six Sigma* efektif dalam mengeliminasi pemborosan dan meningkatkan kualitas proses. Berbagai instrumen seperti *Value Stream Mapping* (VSM) terbukti handal dalam memetakan aliran material, DMADV sukses dalam merancang sistem/produk baru, dan DMAIC terbukti efektif dalam menurunkan *defect rate* serta *downtime* operasional. Di sisi lain, instrumen analitik seperti *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) andal dalam mengevaluasi efektivitas mesin, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk prioritisasi risiko kegagalan, serta *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk pengambilan keputusan multi-kriteria.

Namun demikian, tinjauan ini menemukan adanya kesenjangan (*gap*) yang signifikan. Mayoritas penelitian tersebut dilakukan secara parsial, terpisah, dan sangat didominasi oleh sektor manufaktur konvensional (pabrikasi). Sangat jarang ditemukan penelitian yang secara holistik mengintegrasikan metode-metode tersebut secara simultan ke dalam sistem operasi yang dinamis, berisiko tinggi, dan padat modal seperti operasi *well intervention* berbasis rig di industri hulu migas, khususnya yang berfokus pada mitigasi *Non-Productive Time* (NPT) menggunakan data historis *WellView*.

Secara akademis, kerangka DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dipilih sebagai *Framework* utama penelitian karena operasi *well intervention* merupakan proses yang sudah ada (*existing process*) dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang mapan, namun masih mengalami variasi berupa kehilangan waktu operasi (NPT). Pendekatan DMADV (*Design, Measure, Analyze, Design, Verify*) tidak relevan dalam konteks ini karena DMADV ditujukan untuk mendesain produk, alat, atau proses yang sama sekali baru (*Design for Six Sigma*), bukan untuk perbaikan proses operasional rig yang sudah berjalan. Selanjutnya, metode VSM tidak dipilih karena akar masalah dari tingginya NPT di lapangan migas umumnya diakibatkan oleh kegagalan mekanik (*equipment failure*), masalah *subsurface*, atau kesalahan operasional, bukan karena penumpukan inventori (*work-in-process*) atau hambatan aliran material *linier* yang menjadi fokus utama penyelesaian menggunakan VSM. Oleh karena itu, DMAIC adalah pendekatan yang paling tepat secara presisi untuk mengidentifikasi, mengukur, dan mengeliminasi akar penyebab NPT.

Penelitian terkait pengurangan *Non-Productive Time* (NPT) pada operasi *well intervention* umumnya masih berfokus pada akumulasi *downtime* tanpa mengintegrasikan pengukuran efektivitas operasi secara komprehensif melalui *Overall Equipment*

Effectiveness (OEE), sehingga klasifikasi kerugian berdasarkan aspek *availability*, *performance*, dan *quality* belum teridentifikasi secara sistematis. Selain itu, penentuan strategi perbaikan pada penelitian sebelumnya cenderung belum mempertimbangkan pendekatan multi-kriteria yang mampu mengakomodasi aspek biaya, keselamatan, kemudahan implementasi, dan efektivitas teknis secara objektif. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mengintegrasikan OEE untuk memetakan dominasi kerugian operasional NPT secara terukur serta *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan prioritas usulan perbaikan yang lebih optimal dan terstruktur.

Sebagai bentuk kebaruan (*novelty*), penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif dengan mengintegrasikan *Lean Six Sigma* (DMAIC), pengukuran OEE, Analisis Pareto, *Fishbone Diagram*, FMEA, *5 Whys* dan AHP secara terstruktur dalam satu kerangka analisis. Keunggulan utama dari penelitian ini terletak pada fokus penerapannya terhadap mitigasi *Non-Productive Time* (NPT) pada operasi *well intervention* berbasis rig menggunakan data operasional historis secara empiris. Melalui integrasi metodologi ini, rangkaian proses seperti evaluasi kuantitatif ketidakaktifan rig (OEE & Pareto), analisis akar penyebab masalah berbasis risiko (*Fishbone* & FMEA), serta pengambilan keputusan strategi perbaikan multi-kriteria yang objektif (AHP) dapat dilakukan secara simultan. Dengan demikian, penelitian ini tidak sekadar berhenti pada tahap identifikasi penyebab dominan, melainkan mampu menghasilkan rancangan prioritas mitigasi yang terstruktur sekaligus instrumen pengendalian operasional yang berkelanjutan di sektor hulu migas.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori berisikan tentang istilah, teori atau formula yang terkait dengan topik penelitian. Landasan teori disusun dengan bersumber pada jurnal bereputasi dan/atau buku.

2.2.1 *Well intervention*

Well intervention merupakan rangkaian aktivitas teknis yang dilakukan pada Sumur minyak untuk mempertahankan atau meningkatkan kinerja produksi tanpa melakukan pengeboran Sumur baru. Aktivitas ini mencakup pekerjaan seperti *well service*, *workover*, *stimulation*, dan perbaikan peralatan bawah permukaan. Pada operasi berbasis rig, pekerjaan *well intervention* memiliki karakteristik durasi yang relatif singkat per Sumur, namun memiliki ketergantungan tinggi terhadap kesiapan peralatan, personel, dan koordinasi antar aktivitas (McNicol et al., 2008).

Karakteristik utama operasi *well intervention* adalah dominasi waktu operasi langsung (*Operation time*) yang berkontribusi besar terhadap total durasi pekerjaan. Setiap gangguan selama fase operasi akan berdampak langsung terhadap peningkatan durasi kerja dan potensi kehilangan waktu produktif. Oleh karena itu, efektivitas pengelolaan waktu operasi menjadi indikator utama keberhasilan pelaksanaan *well intervention* (Barakat et al., 2021).

2.2.2 *Non-Productive Time (NPT)*

Non-Productive Time (NPT) didefinisikan sebagai waktu hilang selama operasi berlangsung akibat kejadian tidak terencana yang menyebabkan aktivitas utama tidak dapat berjalan sesuai rencana (Barakat et al., 2021). Secara kuantitatif, NPT merupakan selisih antara total waktu kerja aktual dengan waktu produktif yang benar-benar menghasilkan output operasi. Secara matematis, NPT dapat dinyatakan sebagai (Su et al., 2025):

$$NPT = Total\ Duration - Productive\ Time$$

2.2.3 *Diminished Capacity*

Diminished capacity merupakan kondisi operasional di mana aktivitas masih berlangsung, namun tidak pada tingkat kinerja atau kapasitas yang optimal. Berbeda dengan *downtime* total yang menghentikan operasi sepenuhnya, *diminished capacity* ditandai dengan penurunan laju kerja, efisiensi, atau produktivitas akibat gangguan teknis, keterbatasan peralatan, ketidaksiapan personel, maupun kondisi operasi yang tidak ideal. Meskipun aktivitas tetap berjalan, waktu operasi yang dibutuhkan menjadi lebih panjang dibandingkan kondisi ideal yang direncanakan. *Diminished capacity* memiliki implikasi langsung terhadap durasi pekerjaan dan biaya operasi. Penurunan kinerja menyebabkan konsumsi waktu *rig*, tenaga kerja, dan sumber daya lainnya meningkat tanpa adanya penambahan nilai terhadap output teknis pekerjaan. Dengan demikian, *diminished capacity* menimbulkan pemborosan waktu dan biaya yang secara karakteristik setara dengan *Non-Productive Time* (NPT), karena memperpanjang durasi operasi tanpa menghasilkan nilai tambah (*non-Value Added time*) (Muchiri & Pintelon, 2008).

Oleh karena itu, dalam penelitian ini *diminished capacity* dikategorikan sebagai bagian dari NPT. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip *Lean* yang mendefinisikan setiap penggunaan sumber daya yang tidak memberikan nilai tambah sebagai pemborosan, serta memungkinkan evaluasi kinerja operasi dilakukan secara lebih komprehensif (Daffa Ramadhan & Rahma Nur Praptiwi, 2025).

2.2.4 *Lean Six Sigma*

Six Sigma merupakan suatu filosofi dan metodologi perbaikan proses yang bertujuan untuk mengurangi variasi proses dan meminimalkan terjadinya cacat (*defect*). Dalam konteks *Six Sigma*, *defect* didefinisikan sebagai setiap keluaran proses yang tidak memenuhi batas spesifikasi atau persyaratan pelanggan. Setiap aktivitas dalam suatu proses operasi memiliki potensi menghasilkan *defect*, sehingga pengendalian variasi menjadi fokus utama dalam pendekatan Six Sigma. Variasi dipandang sebagai penyebab utama menurunnya kualitas dan kinerja proses.

Kinerja suatu proses dalam *Six Sigma* dinyatakan menggunakan metrik *Defects Per Million Opportunities* (DPMO), yang memungkinkan perbandingan kinerja antar proses secara kuantitatif. Secara matematis, DPMO dirumuskan sebagai (F. Robert Jacobs & Richard B. Chase, 2014):

$$\text{DPMO} = \frac{\text{Jumlah Defect}}{\text{Jumlah Unit} \times \text{Jumlah Opportunity}} \times 1.000.000$$

Nilai *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) digunakan untuk mengukur tingkat kecacatan proses dalam kerangka *Lean Six Sigma*. Nilai tersebut selanjutnya dikonversikan ke dalam *sigma level* untuk menggambarkan kapabilitas dan kualitas kinerja proses. Hubungan antara sigma level, nilai DPMO, *yield*, dan *defect rate* ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 2. 2 Nilai DPMO			
<i>Sigma Level</i>	DPMO	<i>Yield (%)</i>	<i>Defect Rate (%)</i>
1σ (One Sigma)	691,462.0	69.10000%	30.90000%
2σ (Two Sigma)	308,538.0	93.10000%	6.90000%
3σ (Three Sigma)	66,807.0	99.30000%	0.70000%
4σ (Four Sigma)	6,210.0	99.98000%	0.02000%
5σ (Five Sigma)	233.0	99.97700%	0.02300%
6σ (Six Sigma)	3.4	99.99966%	0.00034%

2.2.5 *Pengertian Metode DMAIC*

DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) merupakan metodologi utama dalam *Six Sigma* yang digunakan sebagai kerangka kerja sistematis untuk menyelesaikan permasalahan dan meningkatkan kinerja proses yang telah berjalan. DMAIC diterapkan ketika suatu proses eksisting masih menunjukkan variasi, pemborosan, atau kegagalan dalam memenuhi kebutuhan pelanggan, sehingga memerlukan perbaikan berbasis data

secara terstruktur dan berkelanjutan. Melalui tahapan *Define, Measure, Analyze, Improve*, dan *Control*, DMAIC memungkinkan organisasi untuk mendefinisikan permasalahan secara jelas, mengukur kinerja proses secara kuantitatif, menganalisis akar penyebab utama, serta merancang dan mengendalikan perbaikan agar kinerja proses dapat dipertahankan (Gasperz, 2002).

Metodologi DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) sebagai kerangka kerja peningkatan kualitas dalam pendekatan Six Sigma. Metodologi ini terdiri dari lima tahapan utama yang diterapkan secara sistematis untuk menganalisis permasalahan dan meningkatkan kinerja proses. Setiap tahapan dalam DMAIC saling berkaitan dan membentuk suatu alur perbaikan berkelanjutan yang dimulai dari pendefinisian permasalahan, pengukuran kinerja proses, analisis akar penyebab, perancangan dan implementasi perbaikan, hingga pengendalian hasil perbaikan agar kinerja proses dapat dipertahankan (Fitriana et al., 2021; De Mast & Lokkerbol, 2012).

2.2.6 Voice of Customer (VOC)

Voice of Customer (VOC) merupakan konsep yang merepresentasikan kebutuhan, harapan, dan ekspektasi pelanggan atau *stakeholder* terhadap kinerja suatu produk maupun proses. VOC berfungsi sebagai dasar dalam mengidentifikasi atribut kualitas yang dianggap penting oleh pelanggan sehingga organisasi dapat menyelaraskan proses operasional dengan kebutuhan tersebut. VOC tidak selalu diperoleh melalui survei atau wawancara langsung, tetapi juga dapat diturunkan dari data kinerja proses yang terdokumentasi secara sistematis. Pendekatan berbasis data (*data-driven VOC*) memanfaatkan informasi historis seperti durasi proses, tingkat kegagalan, frekuensi keterlambatan, dan kejadian *rework* untuk merepresentasikan kebutuhan stakeholder secara objektif. Dalam pendekatan ini, penyimpangan kinerja proses dianggap sebagai indikasi adanya ketidaksesuaian antara kondisi aktual dengan ekspektasi pelanggan terhadap efisiensi, stabilitas, dan keandalan proses.

Dengan demikian, VOC tidak hanya dipahami sebagai persepsi subjektif pelanggan, tetapi juga sebagai representasi kuantitatif kebutuhan stakeholder yang tercermin dalam indikator kinerja proses. Konsep ini menjadi dasar dalam penentuan karakteristik kualitas utama yang harus dikendalikan dan ditingkatkan dalam suatu sistem operasi. proses operasi yang efisien, stabil, dan bebas *rework*, sehingga waktu operasi dapat dimanfaatkan secara optimal tanpa peningkatan biaya yang tidak memberikan nilai tambah (George et al., 2004).

2.2.7 *Critical to Quality (CTQ)*

Critical to Quality (CTQ) merupakan karakteristik atau parameter kinerja yang secara langsung memengaruhi kemampuan suatu proses atau produk dalam memenuhi kebutuhan dan ekspektasi stakeholder. CTQ berfungsi sebagai penerjemahan kebutuhan yang bersifat konseptual menjadi indikator yang spesifik, terukur, dan dapat dikendalikan. Suatu atribut dikategorikan sebagai CTQ apabila memiliki hubungan langsung dengan kualitas hasil proses serta dapat diukur secara kuantitatif. Dengan penetapan CTQ, fokus pengendalian dan evaluasi kinerja dapat diarahkan pada variabel yang paling menentukan keberhasilan proses secara keseluruhan (George et al., 2004; Muchiri & Pintelon, 2008).

2.2.8 *Pengukuran Total Time dan Non-Productive Time (NPT)*

Total waktu operasi (*Total Time*) didefinisikan sebagai akumulasi seluruh durasi aktivitas yang terjadi selama pekerjaan berlangsung. *Total Time* merepresentasikan konsumsi waktu aktual yang digunakan oleh sistem operasi, tanpa membedakan apakah aktivitas tersebut menghasilkan nilai tambah atau tidak. Secara matematis, *Total Time* dinyatakan sebagai (Barakat et al., 2021):

$$\text{Total Time} = \sum \text{Durasi seluruh aktivitas}$$

Non-Productive Time (NPT) merupakan bagian dari *Total Time* yang tidak menghasilkan progres teknis terhadap pekerjaan. Aktivitas dikategorikan sebagai NPT apabila tidak memberikan nilai tambah terhadap hasil operasi, seperti waktu menunggu, *delay*, *standby*, *meeting* operasional, serta aktivitas yang bersifat *rework* atau pengulangan pekerjaan. Total NPT dihitung sebagai akumulasi durasi seluruh aktivitas yang memenuhi kriteria tersebut, sehingga besarnya kehilangan waktu dapat diukur secara kuantitatif (Barakat et al., 2021).

2.2.9 *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

Untuk mengevaluasi efektivitas pemanfaatan waktu operasi secara menyeluruh, digunakan indikator *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. OEE merupakan indikator kinerja yang mengintegrasikan tiga aspek utama, yaitu *Availability*, *performance*, dan *Quality*, sehingga mampu menggambarkan tingkat efektivitas operasi secara komprehensif. OEE dirumuskan sebagai (Hermawan & Akmal, 2022):

$$\text{OEE} = \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality}$$

2.2.10 *Seventools*

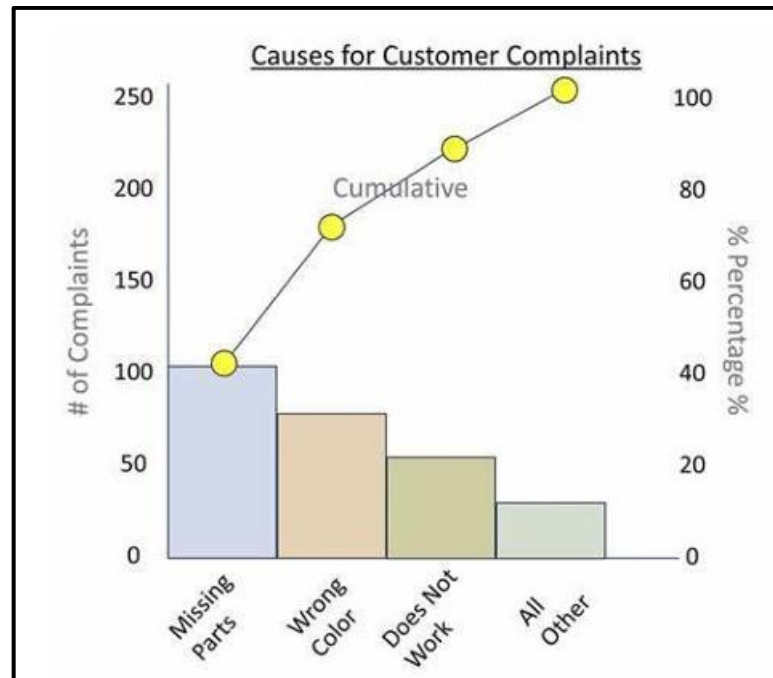
Seventools merupakan sekumpulan alat analisis dasar dalam manajemen kualitas yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan menyelesaikan permasalahan dalam suatu proses secara sistematis. Alat-alat ini banyak digunakan dalam pendekatan perbaikan berkelanjutan karena bersifat sederhana, mudah diterapkan, serta mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai kondisi proses dan sumber permasalahan.

Seven tools berfungsi untuk membantu dalam pengumpulan data, identifikasi pola, analisis penyebab, hingga penentuan prioritas perbaikan. Dengan menggunakan alat-alat ini, proses pengambilan keputusan dapat dilakukan secara lebih objektif dan berbasis data (Wilson et al., 1993).

Secara umum, seven tools terdiri dari beberapa jenis alat analisis yang masing-masing memiliki fungsi yang berbeda namun saling melengkapi. Berikut merupakan beberapa jenis seven tools yang umum digunakan:

A. *Pareto Diagram*

Diagram Pareto merupakan alat analisis yang menyajikan data dalam bentuk histogram dengan pengurutan dari frekuensi terbesar hingga terkecil, serta dilengkapi dengan perhitungan persentase kumulatif. Diagram ini digunakan untuk membantu manajemen dalam mengidentifikasi dan memprioritaskan area permasalahan yang paling kritis sehingga dapat segera diberikan perhatian. Analisis Pareto didasarkan pada prinsip 80/20 yang menyatakan bahwa sebagian besar dampak permasalahan dalam suatu proses umumnya disebabkan oleh sebagian kecil faktor penyebab utama. Meskipun proporsi tersebut tidak selalu tepat secara numerik, prinsip ini tetap relevan karena menggambarkan adanya ketimpangan kontribusi antara penyebab dan dampak yang ditimbulkan (Juran, 1992).



Gambar 2. 1 Grafik Pareto.

B. Fishbone Diagram

Fishbone Diagram atau diagram sebab-akibat merupakan alat analisis yang digunakan untuk memetakan dan mengelompokkan berbagai kemungkinan penyebab dari suatu permasalahan. Penyebab permasalahan diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori utama, seperti manusia, metode, mesin, pengukuran, material, dan lingkungan. Pendekatan ini membantu memvisualisasikan hubungan antara permasalahan utama dan faktor-faktor penyebab yang saling terkait. *Fishbone* Diagram digunakan dalam tahap *Analyze* untuk memastikan bahwa seluruh kemungkinan penyebab telah dipertimbangkan secara sistematis sebelum dilakukan penentuan prioritas. Dengan pemetaan yang terstruktur, risiko terlewatnya faktor penyebab yang signifikan dapat diminimalkan (Ishikawa, 1985).

C. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

FMEA merupakan metode sistematis untuk mengidentifikasi potensi mode kegagalan, menganalisis penyebabnya, serta mengevaluasi dampaknya terhadap sistem. Tujuan utama FMEA adalah menentukan prioritas risiko sehingga tindakan mitigasi dapat difokuskan pada kegagalan yang memiliki potensi dampak paling besar terhadap keandalan *system* (Al Fauzan et al., 2025). Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat risiko setiap mode kegagalan berdasarkan tiga parameter utama, yaitu *Severity* (S) yang menunjukkan tingkat keparahan dampak kegagalan, *Occurrence* (O) yang menggambarkan frekuensi terjadinya kegagalan, serta *Detection* (D) yang menunjukkan

kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan sebelum berdampak pada operasi. Dalam FMEA digunakan tiga parameter utama:

- Severity*, untuk menilai tingkat keparahan dampak kegagalan;
- Occurrence*, untuk menilai frekuensi atau kemungkinan terjadinya;
- Detection*, untuk mengukur kemampuan sistem mendeteksi kegagalan sebelum berdampak luas.

Ketiga skor tersebut kemudian dikalikan untuk menghasilkan *Risk Priority Number* (RPN) sebagai dasar penentuan prioritas penanganan risiko (Szczyrba & Ingaldi, 2024).

Table 1. FMEA scale for severity, occurrence and detection.

Rank	Severity		Occurrence		Detection	
	Effect	Criteria	Probability	Rates	Probability	Criteria
10	Hazardous	Failure is hazardous, and occurs without warning	Extremely high: Failure almost inevitable	≥ 1 in 2	Absolute uncertainty	The potential cause of failure or subsequent failure mode are not detected
9	Serious	Failure involves hazardous outcomes standards	Very high	1 in 3	Very remote	Very remote chance to detect a potential cause of failure or subsequent failure mode
8	Extreme	The system is inoperable	Repeated failures	1 in 8	Remote	Remote chance to detect a potential cause of failure or subsequent failure mode
7	Major	The system may not operate	High	1 in 20	Very low	Very low chance to detect a potential cause of failure or subsequent failure mode
6	Significant	Some functions may not operate	Moderately high	1 in 80	Low	Low chance to detect a potential cause of failure or subsequent failure mode
5	Moderate	The equipment requires repair	Moderate	1 in 400	Moderate	Moderate chance to detect a potential cause of failure or subsequent failure mode
4	Low	The equipment does not require repair	Relatively low	1 in 2000	Moderately high	Moderately high chance to detect a potential cause of failure or subsequent failure mode
3	Minor	Minor effect on system performance	Low	1 in 15000	High	High chance to detect a potential cause of failure or subsequent failure mode
2	Very minor	Very minor effect on system performance	Remote	1 in 150000	Very high	Very high chance to detect a potential cause of failure or subsequent failure mode
1	None	No effect	Nearly impossible	1 in 1500000	Almost certain	Potential cause of failure or subsequent failure mode could almost certainly be detected

Gambar 2. 2 *Failure mode and Effects Analysis (FMEA)*

Dalam metode *Failure mode and Effects Analysis* (FMEA), penilaian risiko kegagalan dilakukan dengan menggunakan tiga parameter utama, yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Tabel skala FMEA untuk *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.1 digunakan sebagai dasar kuantifikasi masing-masing parameter agar penilaian risiko dilakukan secara sistematis, objektif, dan konsisten.

Parameter *Severity* menggambarkan tingkat keparahan dampak kegagalan terhadap sistem, keselamatan, maupun operasi. Skala *Severity* pada tabel dinilai dari 1 hingga 10, di mana nilai 1 menunjukkan kegagalan tanpa dampak (*no effect*), sedangkan nilai 10 menunjukkan kegagalan yang bersifat sangat berbahaya dan dapat terjadi tanpa peringatan (*hazardous without warning*). Nilai *Severity* yang lebih tinggi mencerminkan

konsekuensi kegagalan yang semakin kritis, seperti ketidakmampuan sistem beroperasi, pelanggaran standar keselamatan, atau potensi bahaya serius.

Parameter *Occurrence* merepresentasikan kemungkinan atau frekuensi terjadinya suatu mode kegagalan. Pada tabel, *Occurrence* juga dinilai dalam skala 1 hingga 10 berdasarkan tingkat probabilitas kegagalan, mulai dari kondisi hampir tidak mungkin terjadi hingga kegagalan yang hampir pasti. Skala ini diperkuat dengan pendekatan kuantitatif berupa rasio kejadian, misalnya “1 in 20”, “1 in 400”, hingga “ ≥ 1 in 2”, yang membantu mengaitkan data historis atau pengalaman operasional dengan penentuan skor *Occurrence* secara lebih objektif.

Parameter *Detection* menunjukkan kemampuan sistem, prosedur inspeksi, atau metode *Monitoring* dalam mendeteksi potensi penyebab kegagalan sebelum kegagalan tersebut benar-benar terjadi. Skor *Detection* pada tabel juga berada pada rentang 1 hingga 10, di mana nilai 1 menunjukkan kemungkinan deteksi yang hampir pasti, sedangkan nilai 10 menunjukkan ketidakpastian absolut atau ketidakmampuan sistem untuk mendeteksi potensi kegagalan. Semakin tinggi nilai *Detection*, semakin kecil peluang kegagalan dapat teridentifikasi lebih awal, sehingga risiko yang ditimbulkan menjadi lebih besar.

Dengan demikian, tabel skala *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* digunakan sebagai acuan utama dalam penentuan skor S, O, dan D untuk setiap mode kegagalan yang dianalisis. Nilai ketiga parameter tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung *Risk Priority Number* (RPN) sebagai hasil perkalian antara *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Pendekatan berbasis tabel ini memastikan bahwa proses penilaian risiko dalam FMEA dilakukan secara terstruktur, konsisten, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, serta selaras dengan praktik analisis keandalan yang umum digunakan dalam berbagai konteks sistem dan proses.

Penentuan nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* dilakukan berdasarkan data historis kejadian, catatan operasional, serta informasi pendukung yang relevan dengan karakteristik sistem yang dianalisis. Secara matematis, nilai *Risk Priority Number* (RPN) dirumuskan sebagai berikut:

$$RPN = S \times O \times D$$

Nilai RPN yang dihasilkan digunakan untuk menentukan tingkat kritikalitas relatif dari setiap mode kegagalan. Mode kegagalan dengan nilai RPN yang lebih tinggi menunjukkan tingkat risiko yang lebih besar dibandingkan mode kegagalan lainnya, sehingga diprioritaskan untuk dianalisis lebih lanjut. Dengan pendekatan ini, FMEA

memungkinkan proses pengambilan keputusan yang objektif dalam menentukan fokus analisis dan penetapan prioritas perbaikan berdasarkan tingkat risiko yang terukur (Szczyrba & Ingaldi, 2024).

Tabel 2. 3 Kategori Nilai RPN

Nilai RPN	Kategori
< 20	Sangat Rendah
20-80	Rendah
81-120	Sedang
120-200	Tinggi
>200	Sangat Tinggi

D. 5 *Whys*

Metode 5 *Whys* merupakan teknik analisis akar penyebab (root cause analysis) yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab mendasar dari suatu permasalahan melalui pendekatan pertanyaan berulang “mengapa” secara sistematis. Metode ini dikembangkan dalam praktik manajemen kualitas dan perbaikan proses, khususnya dalam lingkungan manufaktur, sebagai cara sederhana namun efektif untuk menelusuri hubungan sebab–akibat hingga mencapai akar permasalahan yang sebenarnya.

Prinsip dasar 5 *Whys* adalah bahwa setiap permasalahan biasanya merupakan hasil dari rangkaian penyebab yang saling berkaitan. Dengan menanyakan “mengapa” terhadap suatu gejala atau kejadian, analisis dapat bergerak dari penyebab yang bersifat permukaan menuju penyebab yang lebih fundamental. Proses ini dilakukan secara bertahap, umumnya sekitar lima kali pertanyaan, meskipun jumlah tersebut tidak bersifat kaku. Pertanyaan dihentikan ketika penyebab yang ditemukan telah berada pada tingkat sistemik atau dapat ditindaklanjuti melalui tindakan perbaikan yang konkret.

Secara konseptual, 5 *Whys* berfokus pada identifikasi hubungan sebab–akibat secara logis dan berurutan. Setiap jawaban atas pertanyaan “mengapa” menjadi dasar untuk pertanyaan berikutnya, sehingga terbentuk rantai analisis yang terstruktur. Pendekatan ini membantu menghindari kesalahan umum dalam pemecahan masalah, yaitu berhenti pada gejala tanpa menyelesaikan penyebab utamanya (Benjamin et al., 2015).

2.2.11 *Multi Criteria Decision Making (MCDM)*

Multi-Criteria Decision Making (MCDM) merupakan suatu pendekatan dalam teori pengambilan keputusan yang digunakan untuk menangani permasalahan kompleks dengan melibatkan lebih dari satu kriteria. Dalam konteks nyata, suatu keputusan umumnya tidak hanya dipengaruhi oleh satu faktor, tetapi oleh berbagai kriteria yang seringkali bersifat saling bertentangan, seperti biaya, waktu, kualitas, dan risiko. Oleh karena itu, MCDM hadir sebagai kerangka konseptual untuk mengakomodasi kompleksitas tersebut secara sistematis dan rasional.

Secara teoritis, MCDM berlandaskan pada prinsip bahwa setiap alternatif keputusan dapat dievaluasi berdasarkan sekumpulan kriteria yang memiliki tingkat kepentingan berbeda. Proses ini melibatkan dua komponen utama, yaitu penilaian kinerja alternatif terhadap masing-masing kriteria dan penentuan bobot yang merepresentasikan preferensi atau tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria. Kombinasi antara keduanya menghasilkan ukuran preferensi yang digunakan sebagai dasar dalam proses pemeringkatan atau pemilihan alternatif terbaik.

Dalam perkembangannya, MCDM dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu *Multi-Attribute Decision Making (MADM)* dan *Multi-Objective Decision Making (MODM)*. MADM digunakan untuk memilih alternatif dari sejumlah pilihan yang bersifat diskrit, sedangkan MODM lebih berfokus pada optimasi dengan variabel keputusan kontinu dan biasanya melibatkan fungsi tujuan matematis. Pada umumnya, permasalahan pengambilan keputusan dalam konteks manajerial dan rekayasa lebih banyak menggunakan pendekatan MADM (Brans & De Smet, 2016).

Selain itu, pendekatan dalam MCDM juga dapat dibedakan berdasarkan mekanisme evaluasinya, seperti metode berbasis agregasi nilai (*value/utility-based methods*) dan metode berbasis outranking. Metode agregasi nilai menggabungkan skor kriteria dan bobot untuk menghasilkan nilai preferensi global, sedangkan metode outranking melakukan perbandingan antar alternatif untuk menentukan dominasi relatif tanpa harus mengkonversi seluruh informasi ke dalam satu nilai tunggal.

Keunggulan utama MCDM terletak pada kemampuannya dalam mengintegrasikan data kuantitatif dan pertimbangan kualitatif secara bersamaan, serta menyediakan proses pengambilan keputusan yang transparan, terstruktur, dan dapat dipertanggungjawabkan. Dengan demikian, MCDM menjadi salah satu pendekatan yang широко digunakan dalam berbagai bidang seperti teknik, manajemen, evaluasi risiko,

dan perencanaan strategis, terutama pada permasalahan yang melibatkan banyak kriteria dan alternatif yang kompleks (Saaty & Vargas. G. Luis, 1980).

A. *Analytical Hierarchy Process (AHP)*

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan metode pengambilan keputusan multikriteria yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada tahun 1980. Metode ini digunakan untuk menentukan prioritas atau memilih alternatif terbaik dari sejumlah pilihan dengan mempertimbangkan berbagai kriteria yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif (Saaty, 1980).

AHP didasarkan pada prinsip dekomposisi masalah kompleks ke dalam struktur hierarki yang lebih sederhana. Struktur hierarki tersebut umumnya terdiri atas tiga tingkat utama, yaitu:

1. Tujuan (goal) sebagai sasaran utama pengambilan keputusan,
2. Kriteria dan/atau subkriteria sebagai faktor pertimbangan,
3. Alternatif sebagai pilihan yang akan dievaluasi.

Melalui struktur ini, permasalahan yang kompleks dapat dianalisis secara sistematis dan terstruktur. Prinsip utama dalam AHP adalah perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*). Setiap elemen pada suatu tingkat dibandingkan dua per dua terhadap elemen lainnya berdasarkan tingkat kepentingannya terhadap elemen pada tingkat di atasnya. Penilaian ini biasanya menggunakan skala intensitas preferensi 1–9, di mana nilai 1 menunjukkan kedua elemen sama penting, sedangkan nilai 9 menunjukkan satu elemen sangat jauh lebih penting dibandingkan elemen lainnya.

Hasil perbandingan berpasangan kemudian diolah untuk menghasilkan bobot prioritas (*priority weight*) melalui perhitungan eigenvector dari matriks perbandingan. Bobot ini menunjukkan tingkat kepentingan relatif masing-masing kriteria atau alternatif terhadap tujuan yang ditetapkan.

Salah satu keunggulan AHP adalah kemampuannya untuk mengukur konsistensi penilaian melalui perhitungan *Consistency Ratio (CR)*. Nilai CR digunakan untuk memastikan bahwa penilaian yang diberikan tidak bersifat acak atau inkonsisten. Secara umum, nilai $CR \leq 0,10$ dianggap menunjukkan tingkat konsistensi yang dapat diterima.

Secara konseptual, AHP memiliki beberapa karakteristik utama, yaitu:

- Mampu menangani keputusan dengan banyak kriteria.
- Mengintegrasikan pertimbangan subjektif dan data kuantitatif.
- Memungkinkan penentuan prioritas secara terstruktur dan terukur.

- Memiliki mekanisme evaluasi konsistensi keputusan.

Dengan pendekatan hierarkis dan sistematis, AHP banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti manajemen, teknik industri, perencanaan strategis, pemilihan strategi pemeliharaan, serta evaluasi risiko, karena mampu memberikan dasar kuantitatif dalam proses pengambilan keputusan multikriteria yang kompleks (Saaty & Vargas. G. Luis, 1980).

2.2.12 Value Added Analysis (VAA)

Value Added Analysis (VAA) merupakan metode yang digunakan untuk mengklasifikasikan aktivitas dalam suatu proses berdasarkan kontribusinya terhadap penciptaan nilai. Aktivitas dikategorikan menjadi *Value Added* (VA), *non-Value Added* (NVA), dan *necessary but non-Value Added* (NNVA). Aktivitas VA adalah aktivitas yang secara langsung menghasilkan nilai teknis atau output utama proses, sedangkan aktivitas NVA tidak memberikan nilai tambah namun mengonSumsi waktu dan Sumber daya. Aktivitas NNVA merupakan aktivitas yang tidak menambah nilai, tetapi tetap diperlukan karena keterbatasan teknis atau regulasi (Fitriana et al., 2021).

2.2.13 Waste Elimination

Pemborosan (*waste*) didefinisikan sebagai aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terhadap output proses. Dalam konteks operasi berbasis waktu, pemborosan sering kali muncul dalam bentuk waktu tunggu (*waiting*), keterlambatan (*delay*), aktivitas menganggur (*standby*), serta pengulangan pekerjaan (*rework*).

Pengurangan pemborosan dilakukan dengan mengidentifikasi aktivitas yang menyumbang durasi signifikan tanpa menghasilkan progres teknis, kemudian merancang perbaikan untuk menghilangkan atau menekan durasi aktivitas tersebut (Barakat et al., 2021).

2.2.14 Process Re-sequencing

Process re-sequencing merupakan metode penyusunan ulang urutan aktivitas dalam suatu proses berdasarkan keterkaitan teknis dan ketergantungan waktu antar aktivitas. Tujuan utama metode ini adalah memperbaiki kelancaran aliran proses dan mengurangi waktu menganggur yang terjadi akibat urutan kerja yang tidak optimal. Dengan menyusun ulang urutan aktivitas yang saling bergantung, potensi terjadinya idle time antar aktivitas dapat dikurangi tanpa memerlukan perubahan desain teknis proses. Proses *re-sequencing* memungkinkan proses berjalan lebih kontinu dan efisien, sehingga berkontribusi langsung terhadap penurunan durasi total operasi (Oluwaseyi et al., 2025).

2.2.15 Plan-Do-Check-Act (PDCA)

Plan-Do-Check-Act (PDCA) merupakan konsep manajemen kualitas yang dikembangkan oleh Walter A. Shewhart dan dipopulerkan oleh W. Edwards Deming sebagai kerangka kerja perbaikan berkelanjutan (*continuous Improvement*). PDCA dikenal sebagai *Deming Cycle* dan digunakan untuk mengendalikan serta meningkatkan proses secara sistematis melalui pendekatan siklik dan berbasis evaluasi.

Secara teoritis, PDCA menekankan bahwa peningkatan kinerja proses dicapai melalui pengulangan empat tahapan utama, yaitu: *Plan*, *Do*, *Check*, dan *Act*. Tahap *Plan* berfokus pada identifikasi masalah dan perencanaan tindakan perbaikan. Tahap *Do* merupakan implementasi rencana yang telah ditetapkan. Tahap *Check* bertujuan untuk mengevaluasi hasil pelaksanaan dengan membandingkan kinerja aktual terhadap standar atau target. Tahap *Act* merupakan penetapan tindakan korektif atau standarisasi hasil perbaikan sebelum siklus kembali diulang.

PDCA bersifat iteratif, sehingga setiap siklus menghasilkan pembelajaran yang menjadi dasar perbaikan pada siklus berikutnya. Dengan karakteristik tersebut, PDCA berfungsi sebagai mekanisme pengendalian dan peningkatan proses yang berorientasi pada stabilitas, konsistensi, dan peningkatan kinerja secara berkelanjutan dalam berbagai konteks organisasi (Deming, 1982)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang menggunakan analisis data historis operasional periode 2020–2025 yang bersumber dari sistem *WellView*, meliputi total durasi pekerjaan, durasi aktivitas *Operation* dan *moving*, serta *Non-Productive Time* (NPT). Penelitian menerapkan kerangka Lean Six Sigma dengan metodologi DMAIC untuk mengidentifikasi permasalahan, mengukur kinerja proses, menganalisis penyebab utama, serta merumuskan dan mengendalikan usulan perbaikan. Pengukuran kinerja proses dilakukan menggunakan indikator *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang terdiri atas *Availability*, *Performance*, dan *Quality*. Aktivitas dominan penyumbang NPT diidentifikasi menggunakan analisis Pareto, kemudian penyebab potensial dianalisis menggunakan *Fishbone* Diagram. Mode kegagalan yang teridentifikasi selanjutnya dianalisis menggunakan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN), dan mode dengan nilai risiko tertinggi dianalisis lebih lanjut menggunakan metode *5 Whys* untuk mengidentifikasi akar penyebab utama.

Alternatif usulan perbaikan kemudian diprioritaskan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk pembobotan kriteria dan untuk pemeringkatan alternatif. Mekanisme pengendalian dirancang menggunakan indikator NPT dan OEE yang diintegrasikan dengan siklus PDCA guna memastikan keberlanjutan peningkatan kinerja operasi *well intervention*.

3.2 Objek dan Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Perusahaan Migas XYZ, yang merupakan perusahaan yang bergerak di sektor hulu minyak dan gas bumi dengan aktivitas operasi *well intervention* pada Lapangan X. Kegiatan *well intervention* tersebut dilaksanakan menggunakan operasi berbasis rig yang mencakup aktivitas *Operation* dan *moving* dalam setiap pekerjaan intervensi Sumur.

Dalam penelitian ini, fokus kajian diarahkan pada efektivitas pemanfaatan waktu operasi pekerjaan *well intervention* periode 2020–2025, khususnya terkait tingginya *Non-Productive Time* (NPT) yang berpotensi menurunkan kinerja operasional dan meningkatkan biaya operasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas

dominan penyumbang NPT, menganalisis akar penyebab terjadinya kehilangan waktu operasi, serta merumuskan usulan perbaikan yang dapat meminimalkan NPT dan meningkatkan efektivitas operasi berdasarkan indikator kinerja yang terukur.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi yang diperlukan dalam menganalisis kinerja operasi *well intervention* serta mengidentifikasi faktor penyebab terjadinya *Non-Productive Time* (NPT). Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder yang diperoleh dari berbagai *Sumber* yang relevan dengan objek penelitian.

3.3.1 Jenis dan Sumber Data

A. Data Primer

Data primer dalam penelitian ini diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara dengan pihak yang terlibat langsung dalam operasi *well intervention* di Lapangan X. Observasi dilakukan secara langsung di lokasi Sumur untuk memahami alur kerja aktual, tahapan *pre-job*, *execution*, dan *post-job*, serta kondisi operasional yang berpotensi menimbulkan keterlambatan atau terjadinya *Non-Productive Time* (NPT).

Selain observasi, wawancara dilakukan dengan *Senior Engineer Well intervention* untuk memperoleh informasi mengenai mekanisme pelaksanaan *well services*, standar operasional yang diterapkan, serta klarifikasi terhadap aktivitas yang tercatat dalam sistem. Wawancara ini juga digunakan untuk mengonfirmasi kesesuaian antara *flow process* operasi aktual di lapangan dengan pencatatan aktivitas pada sistem *WellView*.

Data primer tersebut digunakan untuk memperkuat pemahaman terhadap karakteristik proses operasi, memvalidasi data historis, serta mendukung analisis akar penyebab terjadinya NPT pada tahap *Analyze* dalam kerangka DMAIC.

B. Data Sekunder

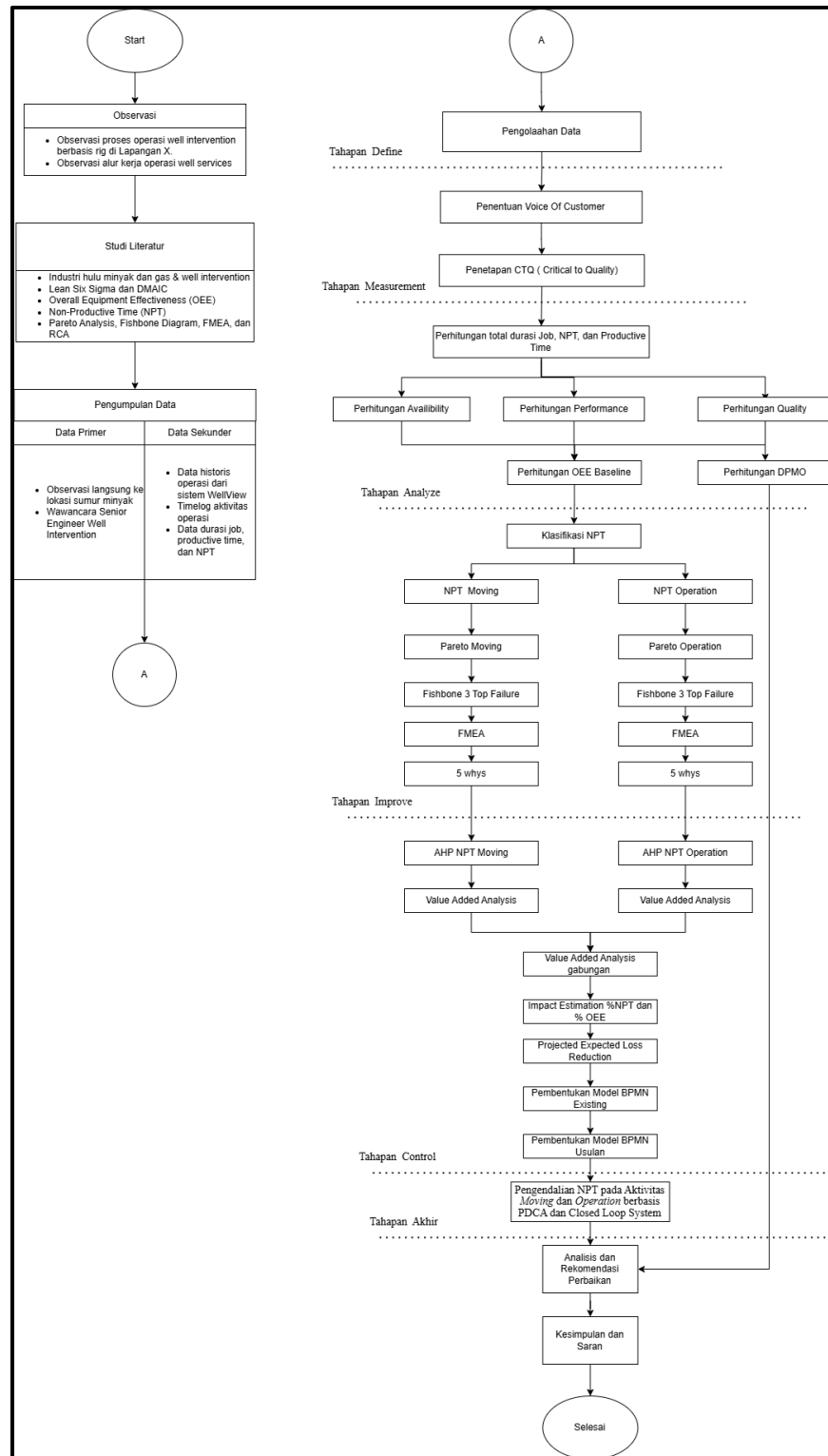
Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari sistem *WellView* dan dokumen internal perusahaan yang berkaitan dengan pelaksanaan operasi *well intervention* di Lapangan X. Data yang digunakan meliputi *timelog* aktivitas, durasi setiap aktivitas, klasifikasi *productive time* dan *Non-Productive Time* (NPT), serta total durasi job pada periode penelitian.

Data historis tersebut menjadi dasar dalam perhitungan persentase NPT, komponen *Availability*, *Performance*, dan *Quality*, serta nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Selain itu, data sekunder juga digunakan dalam analisis Pareto untuk mengidentifikasi aktivitas dominan penyebab NPT serta dalam perhitungan estimasi dampak perbaikan terhadap penurunan waktu tidak produktif.

Sebagai pendukung metodologis, penelitian ini juga memanfaatkan referensi dari buku teks, jurnal ilmiah, dan penelitian terdahulu yang relevan dengan penerapan DMAIC, OEE, FMEA, dan AHP dalam konteks peningkatan kinerja operasional.

3.3.2 Alur Penelitian

Alur penelitian merupakan rangkaian tahapan yang disusun secara sistematis sebagai pedoman pelaksanaan penelitian. Alur ini dimulai dari kegiatan studi literatur dan studi lapangan melalui observasi untuk mengidentifikasi permasalahan penelitian, kemudian dilanjutkan dengan proses analisis hingga tahap penarikan kesimpulan dan penyusunan saran.



Gambar 2. 3 Alur Penelitian

berikut merupakan penjelasan dalam alur penelitian tersebut yakni:

1. Mulai

Pada tahap awal, peneliti mempersiapkan seluruh kebutuhan penelitian yang meliputi penentuan objek dan ruang lingkup penelitian, penetapan metode analisis yang digunakan, serta penyusunan rencana pengumpulan data. Tahap ini bertujuan untuk memastikan penelitian berjalan sesuai dengan tujuan dan batasan yang telah ditetapkan.

2. Observasi

Tahap observasi dilakukan melalui observasi lapangan pada proses operasi *well intervention* berbasis rig di Lapangan X. Observasi difokuskan pada alur kerja operasi *well services* yang mencakup tahapan *pre-job*, *execution*, dan *post-job*. Selain itu, dilakukan wawancara dengan *Senior Engineer Well intervention* untuk mengonfirmasi kesesuaian *flow process Operation* antara kondisi aktual di lapangan dan pencatatan aktivitas dalam sistem *WellView*. Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi indikasi awal terjadinya ketidakefisienan waktu operasi serta memperkuat pemahaman konteks operasional penelitian.

3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teoritis dan metodologis yang relevan dengan penelitian. Literatur yang dikaji meliputi konsep *well intervention*, *Lean Six Sigma* dan *DMAIC*, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Non-Productive Time* (NPT), serta metode analisis Pareto, *Fishbone Diagram*, *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), dan *Root Cause Analysis* (RCA). Studi literatur ini bertujuan untuk memastikan kesesuaian metode yang digunakan dengan karakteristik permasalahan dan objek penelitian.

4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif secara saling melengkapi.

- Data primer diperoleh melalui observasi langsung ke lokasi Sumur minyak serta wawancara dengan *Senior Engineer Well intervention*. Data ini digunakan untuk memahami alur proses operasi secara aktual dan memberikan justifikasi terhadap potensi kehilangan waktu (*expected loss*) akibat NPT.
- Data sekunder diperoleh dari sistem *WellView* yang meliputi data historis operasi *well intervention*, timelog aktivitas, durasi aktivitas, klasifikasi

aktivitas *Operation* dan *moving*, serta data total durasi job, *productive time*, dan *Non-Productive Time*.

5. Pengolahan Data

- Penyelesaian Tujuan Pertama: Menganalisis tingkat efektivitas pemanfaatan waktu operasi *well intervention* di Lapangan X berdasarkan indikator *Overall Equipment Effectiveness* (*Availability*, *Performance*, dan *Quality*), serta mengidentifikasi aktivitas operasional yang menjadi kontributor dominan terhadap *Non-Productive Time* (NPT) beserta besarnya kontribusi terhadap total durasi operasi.

Penyelesaian Tujuan 1 dilakukan pada tahapan *Define* dan *Measure* dalam kerangka DMAIC dengan menggunakan pendekatan *Voice of Customer* (VOC), *Critical to Quality* (CTQ), perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), serta analisis Diagram Pareto.

Pada tahapan *Define*, dilakukan identifikasi kebutuhan *stakeholder* melalui observasi lapangan dan wawancara dengan *Engineer Well intervention*. Kebutuhan yang teridentifikasi meliputi minimasi *downtime* operasi, kesesuaian durasi pekerjaan dengan target program, serta pengurangan kerugian akibat *Non-Productive Time* (NPT). Kebutuhan tersebut kemudian diterjemahkan ke dalam parameter terukur atau *Critical to Quality* (CTQ), yaitu persentase NPT (%NPT), *Availability*, *Performance*, *Quality*, dan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

Pada tahapan *Measure*, dilakukan pengukuran tingkat kehilangan waktu operasi menggunakan persentase NPT yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\%NPT = \frac{T_{NPT}}{T_{Total}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

T_{NPT} = total durasi aktivitas non-produktif (jam)

T_{Total} = total durasi keseluruhan operasi (jam)

Rumus ini digunakan untuk mengetahui proporsi waktu yang hilang terhadap total waktu operasi.

Selanjutnya dilakukan pengukuran efektivitas waktu operasi menggunakan indikator *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), yang dirumuskan sebagai:

$$OEE = A \times P \times Q \quad (2)$$

Keterangan:

A = *Availability*

P = *Performance*

Q = *Quality*

OEE merupakan indikator komprehensif yang menggambarkan tingkat efektivitas pemanfaatan waktu operasi secara keseluruhan.

Komponen *Availability* dihitung menggunakan:

$$A = \frac{T_{Total} - T_{NPT}}{T_{Total}} \quad (3)$$

Keterangan:

T_{Total} = total waktu operasi (jam)

T_{NPT} = total waktu non-produktif (jam)

Availability menunjukkan proporsi waktu yang benar-benar tersedia untuk aktivitas produktif setelah dikurangi waktu kehilangan akibat NPT.

Komponen *Performance* dirumuskan sebagai:

$$P = \frac{T_{Baseline}}{T_{Actual}} \quad (4)$$

Keterangan:

T_{Actual} = waktu aktual penyelesaian aktivitas produktif (jam)

$T_{Baseline}$ = waktu yang direncanakan dalam program kerja (jam)

Performance menggambarkan tingkat efisiensi pelaksanaan pekerjaan dibandingkan dengan rencana awal.

Komponen *Quality* dihitung menggunakan:

$$Q = \frac{N_{Total} - N_{Rework}}{N_{Total}} \quad (5)$$

Keterangan:

N_{Total} = total aktivitas yang dilakukan

N_{Rework} = jumlah aktivitas yang memerlukan pengulangan pekerjaan

Quality menunjukkan proporsi pekerjaan yang selesai tanpa *rework* atau koreksi ulang.

Selain itu, tingkat kecacatan proses juga dianalisis menggunakan indikator *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) untuk mengukur jumlah kegagalan atau ketidaksesuaian proses dalam skala satu juta peluang kejadian. DPMO dirumuskan sebagai berikut:

$$DPMO = \frac{N_{Defect}}{N_{Unit} \times N_{Opportunity}} \times 1,000,000 \quad (6)$$

Keterangan:

N_{Defect} = jumlah kejadian cacat atau kegagalan proses

N_{Unit} = jumlah unit atau aktivitas yang diamati

$N_{Opportunity}$ = jumlah peluang terjadinya cacat pada setiap unit

Nilai DPMO digunakan untuk menggambarkan tingkat variasi atau kegagalan proses operasi serta sebagai dasar untuk menentukan level sigma dalam pendekatan Six Sigma.

Nilai DPMO kemudian dikonversi menjadi Sigma Level untuk menggambarkan kapabilitas proses dalam pendekatan Six Sigma. Konversi ini dilakukan dengan menggunakan fungsi distribusi normal standar sebagai berikut:

$$Sigma\ Level = NORMSINV\left(1 - \frac{DPMO}{1,000,000}\right) + 1.5 \quad (7)$$

Keterangan:

$NORMSINV$ = fungsi invers distribusi normal standar

$DPMO$ = *Defects Per Million Opportunities*

Penambahan konstanta 1,5 sigma shift digunakan untuk mengakomodasi variasi jangka panjang dalam proses sebagaimana digunakan dalam metodologi *Six Sigma*. Nilai sigma level ini kemudian digunakan untuk mengevaluasi tingkat kapabilitas proses operasi *well intervention* serta mengidentifikasi potensi perbaikan yang diperlukan pada tahapan analisis berikutnya.

Untuk mengidentifikasi aktivitas dominan penyebab NPT, digunakan analisis Diagram Pareto dengan menghitung kontribusi masing-masing aktivitas sebagai berikut:

$$Kontribusi_i = \frac{T_{NPT,i}}{\sum T_{NPT}} \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan:

$T_{NPT,i}$ = durasi NPT pada kategori i (jam)

$\sum T_{NPT}$ = total keseluruhan durasi NPT (jam)

Aktivitas dengan kontribusi kumulatif terbesar ditetapkan sebagai prioritas analisis pada tahap selanjutnya.

- Penyelesaian Tujuan Kedua: Mengidentifikasi dan menganalisis akar penyebab dominan terjadinya NPT pada aktivitas *well intervention* serta mengevaluasi pengaruh variasi NPT terhadap komponen *Availability*, *Performance* dan *Quality* pada OEE.

Penyelesaian Tujuan 2 dilakukan pada tahapan *Analyze* dalam kerangka DMAIC dengan menggunakan *Fishbone* Diagram, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), serta *5 Whys* Analysis.

Tahap awal dilakukan penyusunan *Fishbone* Diagram untuk mengelompokkan penyebab NPT ke dalam kategori Man, *Method*, *Machine*, Material, dan *EnvIRonment*. Selanjutnya, setiap penyebab dianalisis menggunakan metode FMEA untuk menentukan tingkat prioritas risiko.

Risk Priority Number (RPN) dihitung menggunakan rumus:

$$RPN = S \times O \times D \quad (9)$$

Keterangan:

S(Severity) = tingkat keparahan dampak terhadap durasi operasi

O(Occurrence) = tingkat frekuensi terjadinya penyebab

D(Detection) = tingkat kemampuan mendeteksi penyebab sebelum menimbulkan dampak

Nilai RPN digunakan untuk menentukan prioritas penyebab yang memerlukan tindakan perbaikan segera. Penyebab dengan nilai RPN tertinggi kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan metode *5 Whys* untuk menemukan akar penyebab yang bersifat sistemik.

Pengaruh *Non-Productive Time* (NPT) terhadap kinerja *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) terutama tercermin pada komponen *Availability*. Peningkatan NPT akan mengurangi proporsi waktu operasi yang tersedia untuk kegiatan produktif, sehingga nilai *Availability* menjadi lebih rendah. Penurunan *Availability* tersebut secara langsung berdampak pada penurunan nilai OEE secara keseluruhan.

Selain itu, apabila NPT menyebabkan durasi pekerjaan aktual menjadi lebih lama dibandingkan dengan waktu yang direncanakan, maka komponen *Performance* juga dapat mengalami penurunan karena efisiensi waktu pelaksanaan pekerjaan menjadi berkurang. Di sisi lain, kondisi

operasional yang tidak optimal akibat NPT juga berpotensi memicu terjadinya *rework* atau pekerjaan ulang, sehingga komponen *Quality* dapat ikut terpengaruh karena jumlah pekerjaan yang berhasil diselesaikan tanpa cacat menjadi lebih kecil.

- Penyelesaian Tujuan Ketiga: Menganalisis akar penyebab utama terjadinya NPT pada proses operasi *well intervention*

Penyelesaian Tujuan 3 dilakukan pada tahapan *Improve* dan *Control* dalam kerangka DMAIC dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk pembobotan kriteria serta untuk perankingan alternatif perbaikan, *Value Added Analysis* (VAA) untuk identifikasi aktivitas tidak bernilai tambah, serta strategi *waste elimination* dan *process re-sequencing* sebagai bentuk implementasi teknis perbaikan.

Pada tahap *Improve*, langkah pertama yang dilakukan adalah penentuan kriteria evaluasi alternatif perbaikan, seperti dampak terhadap penurunan NPT, dampak terhadap biaya operasional, kemudahan implementasi, dan tingkat risiko operasional. Untuk menentukan tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria tersebut, digunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

AHP digunakan untuk menghasilkan bobot prioritas masing-masing kriteria melalui matriks perbandingan berpasangan. Konsistensi matriks diuji menggunakan *Consistency Index* (CI):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (10)$$

Keterangan:

λ_{max} = nilai eigen maksimum dari matriks perbandingan

n = jumlah kriteria yang dibandingkan

Selanjutnya dihitung *Consistency Ratio* (CR):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (11)$$

Keterangan:

RI = Random Index sesuai jumlah kriteria

Apabila nilai $CR < 0,1$, maka matriks perbandingan dianggap konsisten dan bobot kriteria dapat digunakan dalam analisis lanjutan. Dengan

demikian, AHP berfungsi untuk menentukan pembobotan prioritas kriteria evaluasi dan menentukan alternatif terbaik.

Setelah alternatif prioritas ditentukan, dilakukan *Value Added Analysis* (VAA) untuk mengidentifikasi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terhadap proses operasi. Aktivitas diklasifikasikan menjadi *Value Added* (VA), *Necessary but Non-Value Added* (NNVA), dan *Non-Value Added* (NVA). Proporsi aktivitas NVA dihitung menggunakan:

$$\%NVA = \frac{T_{NVA}}{T_{Total}} \times 100\% \quad (13)$$

Keterangan:

T_{NVA} = total durasi aktivitas *Non-Value Added* (jam)

T_{Total} = total durasi keseluruhan operasi (jam)

Perhitungan ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi pemborosan waktu yang dapat dieliminasi atau direduksi.

Berdasarkan hasil VAA dan alternatif prioritas dari AHP, dirumuskan strategi teknis berupa:

1. *Waste elimination*, yaitu penghilangan aktivitas NVA yang tidak memberikan kontribusi terhadap progres teknis pekerjaan.
2. *Waste reduction*, yaitu pengurangan durasi aktivitas yang tidak dapat dieliminasi sepenuhnya namun masih dapat diminimalkan.
3. *Process re-sequencing*, yaitu perbaikan urutan kerja untuk mengurangi waiting time, idle time, dan keterlambatan operasional.

Dampak perbaikan terhadap kinerja operasi diestimasi melalui perhitungan penurunan NPT sebagai berikut:

$$\%Penurunan\ NPT = \frac{T_{NPT}^{awal} - T_{NPT}^{baru}}{T_{NPT}^{awal}} \times 100\% \quad (14)$$

Keterangan:

T_{NPT}^{awal} = total durasi NPT sebelum perbaikan

T_{NPT}^{baru} = total durasi NPT setelah perbaikan

Persentase penurunan ini digunakan untuk mengukur efektivitas implementasi perbaikan terhadap pengurangan kehilangan waktu operasi.

Selain menghitung persentase penurunan NPT, evaluasi dampak perbaikan juga dilakukan melalui peningkatan efektivitas sistem dan estimasi pengurangan kerugian operasional.

Nilai OEE setelah perbaikan dihitung menggunakan:

$$OEE_{baru} = A_{baru} \times P_{baru} \times Q_{baru} \quad (15)$$

Keterangan:

OEE_{baru} = nilai OEE setelah implementasi perbaikan

A_{baru} = *Availability* setelah perbaikan

P_{baru} = *Performance* setelah perbaikan

Q_{baru} = *Quality* setelah perbaikan

Availability baru dihitung berdasarkan NPT yang telah direduksi:

$$A_{baru} = \frac{T_{Total} - T_{NPT_baru}}{T_{Total}} \quad (16)$$

Keterangan:

T_{NPT_baru} = total NPT setelah perbaikan

Peningkatan OEE dihitung sebagai:

$$\%Peningkatan\ OEE = \frac{OEE_{baru} - OEE_{awal}}{OEE_{awal}} \times 100\% \quad (17)$$

Rumus ini digunakan untuk mengukur peningkatan efektivitas pemanfaatan waktu operasi setelah implementasi strategi perbaikan.

Kerugian finansial akibat NPT dihitung berdasarkan biaya operasional rig per satuan waktu.

$$Financial\ Loss = T_{NPT} \times C_{operasional} \quad (18)$$

Keterangan:

T_{NPT} = total durasi NPT (jam)

$C_{operasional}$ = biaya operasional rig per jam

Proyeksi pengurangan kerugian finansial dihitung sebagai:

$$Projected\ Financial\ Lost\ Production = (T_{NPT_awal} - T_{NPT_baru}) \times C_{operasional} \quad (19)$$

Keterangan:

T_{NPT_awal} = total NPT sebelum perbaikan

T_{NPT_baru} = total NPT setelah perbaikan

Rumus ini menunjukkan estimasi penghematan biaya operasional akibat pengurangan waktu tidak produktif.

Kerugian produksi akibat NPT dihitung berdasarkan laju produksi Sumur per satuan waktu.

$$\text{Production Loss} = T_{NPT} \times Q_{rate} \quad (20)$$

Keterangan:

T_{NPT} = total durasi NPT (jam)

Q_{rate} = laju produksi (barrel oil per hari)

Proyeksi pengurangan kehilangan produksi dihitung sebagai:

$$\text{Projected Production Loss Reduction} = (T_{NPT_awal} - T_{NPT_baru}) \times Q_{rate} \quad (21)$$

Keterangan:

Q_{rate} = laju produksi rata-rata Sumur (barrel oil per hari)

Rumus ini digunakan untuk mengestimasi jumlah barrel oil yang dapat dipulihkan akibat implementasi perbaikan.

Pada tahap *Control*, dilakukan *Monitoring* berkala terhadap persentase NPT dan nilai OEE untuk memastikan keberlanjutan peningkatan kinerja. Mekanisme pengendalian diterapkan melalui siklus *Quality Plan–Do–Check–Action* (PDCA), yang meliputi perencanaan standar baru, implementasi perbaikan, evaluasi kinerja pasca-implementasi, serta tindakan korektif apabila terjadi deviasi.

Dengan pendekatan ini, perbaikan yang dirumuskan tidak hanya bersifat konseptual, tetapi terukur secara kuantitatif dan dapat dipertahankan secara berkelanjutan dalam sistem operasi *well intervention*.

6. Analisis dan Rekomendasi

Hasil pengolahan data pada setiap tahapan DMAIC dianalisis dan dibahas secara terintegrasi untuk menjelaskan hubungan antara data operasional, penyebab NPT, dan efektivitas usulan perbaikan yang dirancang.

7. Selesai

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA atau PEMBANGUNAN SISTEM

4.1 Tahapan Define

Tahap Define bertujuan untuk mendefinisikan secara jelas permasalahan utama pada proses operasi *well intervention* di Lapangan X berdasarkan data aktual operasional. Pendefinisian masalah dilakukan menggunakan pendekatan *Voice of Customer* (VOC) berbasis data historis *WellView*, sehingga kebutuhan perbaikan diturunkan secara kuantitatif dan bukan berdasarkan asumsi.

4.1.1 Identifikasi *Voice of Customer* (VOC) Berbasis Data

Voice of Customer (VOC) dalam penelitian ini tidak diperoleh melalui wawancara persepsi, melainkan diturunkan dari indikator kinerja operasional yang mencerminkan kebutuhan *stakeholder* terhadap efektivitas waktu dan utilisasi *rig*. Berdasarkan rekapitulasi data periode penelitian, diperoleh temuan sebagai berikut:

- Persentase *Non-Productive Time* (NPT) mencapai 23% dari total durasi job.
- Nilai *Availability* operasi berada pada level 77%.
- Proporsi NPT *Moving* mencapai 56% dari total NPT.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa hampir seperempat waktu operasi tidak menghasilkan progres teknis, tingkat ketersediaan waktu operasi belum optimal, serta sebagian besar *downtime* terjadi pada fase mobilisasi. Berikut ini tabel *Voice of Customer* berbasis data.

Tabel 4. 1 *Voice of Customer*

No	Dimensi Kebutuhan Stakeholder	Pernyataan <i>Voice of Customer</i> (VOC)	Indikator Kinerja Aktual	Interpretasi dan Implikasi Operasional
1	Efisiensi Waktu Operasi	Proses <i>well intervention</i> diharapkan berjalan dengan <i>downtime</i> minimal guna menjaga efektivitas waktu operasi dan menghindari pemborosan biaya.	Persentase NPT = 23% dari total durasi job	Sebesar 23% waktu operasi tidak produktif akibat unplanned downtime. Nilai ini menunjukkan bahwa hampir seperempat waktu kerja hilang, sehingga efisiensi proses belum optimal dan memerlukan strategi pengurangan downtime.
2	Optimalisasi Utilisasi Rig	Manajemen mengharapkan tingkat ketersediaan (<i>Availability</i>) rig yang tinggi untuk mendukung produktivitas dan utilisasi aset secara maksimal.	<i>Availability</i> = 77%	Tingkat <i>Availability</i> sebesar 77% menunjukkan bahwa pemanfaatan waktu kerja belum mencapai kondisi optimal. Secara umum, industri menargetkan $Availability \geq 85\%$, sehingga terdapat gap performa yang perlu diperbaiki.
3	Pengendalian Aktivitas Mobilisasi	Aktivitas <i>moving</i> diharapkan berjalan lebih terkendali untuk meminimalkan kontribusi terhadap	Proporsi NPT $Moving = 56\%$ dari total NPT	Lebih dari separuh <i>downtime</i> terjadi pada fase <i>moving</i> , mengindikasikan bahwa aktivitas mobilisasi dan

No	Dimensi Kebutuhan Stakeholder	Pernyataan <i>Voice of Customer</i> (VOC)	Indikator Kinerja Aktual	Interpretasi dan Implikasi Operasional
		<i>downtime</i> keseluruhan.		perpindahan menjadi kontributor dominan terhadap inefisiensi operasi. Fase ini menjadi prioritas dalam tahap analisis lanjutan.

Dari tabel VOC tersebut, dapat disimpulkan bahwa permasalahan utama yang perlu didefinisikan dalam penelitian ini adalah:

1. Tingginya proporsi *Non-Productive Time* terhadap total durasi operasi.
2. Rendahnya tingkat *Availability* dibandingkan kondisi optimal.
3. Dominasi aktivitas *moving* sebagai kontributor utama *downtime*.

Dengan demikian, fokus penelitian diarahkan pada upaya reduksi NPT dan peningkatan efektivitas pemanfaatan waktu operasi.

4.1.2 *Critical to Quality*

Critical to Quality (CTQ) merupakan karakteristik kinerja yang diturunkan secara langsung dari *Voice of Customer* (VOC) dan merepresentasikan aspek-aspek operasional yang harus dikendalikan agar kebutuhan stakeholder dapat terpenuhi. Dalam penelitian ini, CTQ ditetapkan berdasarkan analisis data historis operasi *well intervention* yang bersumber dari sistem *WellView*, khususnya terkait proporsi *Non-Productive Time* (NPT), tingkat *Availability*, serta distribusi *downtime* berdasarkan kategori aktivitas.

Penentuan CTQ dilakukan secara kuantitatif agar indikator yang digunakan bersifat terukur, objektif, dan dapat dianalisis pada tahap Measure dan *Analyze* dalam kerangka DMAIC. Berdasarkan hasil identifikasi VOC, diperoleh tiga karakteristik kualitas kritis sebagai berikut:

4.1.2.1 Persentase NPT

CTQ pertama adalah persentase *Non-Productive Time* (NPT) terhadap total durasi operasi. Indikator ini menggambarkan besarnya proporsi waktu yang tidak menghasilkan progres teknis terhadap keseluruhan waktu operasi *well intervention*.

Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh bahwa proporsi NPT sebesar 23% dari total durasi job. Artinya, 23% dari total waktu job tidak memberikan nilai tambah

terhadap penyelesaian pekerjaan. Nilai ini menunjukkan adanya potensi inefisiensi yang signifikan dan menjadi prioritas utama dalam upaya perbaikan proses.

Semakin rendah persentase NPT, maka semakin tinggi efektivitas pemanfaatan waktu operasi.

4.1.2.2 *Availability*

CTQ kedua adalah *Availability*, yang menggambarkan tingkat ketersediaan waktu operasi efektif dibandingkan dengan total waktu yang dialokasikan untuk pekerjaan.

Hasil perhitungan menunjukkan nilai *Availability* sebesar 77%. Nilai ini mengindikasikan bahwa tingkat pemanfaatan waktu operasi belum optimal. Dalam praktik industri, *Availability* umumnya ditargetkan berada pada kisaran $\geq 85\%$. Dengan demikian, terdapat gap performa yang perlu dianalisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi penyebab kehilangan waktu operasi.

Availability menjadi indikator penting karena secara langsung mencerminkan dampak NPT terhadap efektivitas operasi.

4.1.2.3 *Persentase NPT Moving*

CTQ ketiga adalah proporsi NPT berdasarkan kategori aktivitas, khususnya pada aktivitas *moving*. Indikator ini bertujuan untuk mengidentifikasi distribusi kehilangan waktu tidak produktif berdasarkan jenis aktivitas.

Hasil analisis menunjukkan bahwa 56% dari total NPT berasal dari aktivitas *moving*, sedangkan sisanya berasal dari aktivitas *Operation*. Hal ini menunjukkan bahwa lebih dari separuh *downtime* terjadi pada fase mobilisasi dan perpindahan peralatan, sehingga aktivitas *moving* menjadi area kritis yang memerlukan evaluasi mendalam pada tahap *Analyze*.

Berdasarkan uraian di atas, CTQ dalam penelitian ini dapat dirangkum sebagai berikut:

Tabel 4. 2 CTQ

No	CTQ	Baseline Aktual	Fokus Perbaikan
1	Persentase NPT	23%	Reduksi <i>downtime</i> total
2	<i>Availability</i>	77%	Peningkatan utilisasi waktu operasi
3	Proporsi NPT <i>Moving</i>	56% dari total NPT	Pengendalian aktivitas mobilisasi

Ketiga CTQ tersebut menjadi indikator utama dalam tahap *Measure* untuk mengukur baseline kinerja proses serta dalam tahap *Analyze* untuk mengidentifikasi penyebab utama inefisiensi operasional. Dengan menetapkan CTQ berbasis data kuantitatif, penelitian ini

memastikan bahwa proses perbaikan difokuskan pada parameter yang memiliki dampak langsung terhadap efektivitas waktu operasi *well intervention*.

4.2 Measurement

Tahap *Measure* dalam penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja aktual proses operasi *well intervention* di Lapangan X berdasarkan data historis yang diperoleh dari sistem *WellView*. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui tingkat efektivitas pemanfaatan waktu operasi serta mengidentifikasi besarnya kehilangan waktu akibat *Non-Productive Time* (NPT). Pengukuran kinerja proses dilakukan menggunakan indikator *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *Availability*, *Performance*, dan *Quality*.

4.2.1 Perhitungan NPT

Pada tahap pengolahan data, dilakukan perhitungan *Non-Productive Time* (NPT) untuk mengetahui proporsi waktu tidak produktif yang terjadi selama kegiatan *well intervention*. NPT merupakan waktu operasi yang tidak memberikan kontribusi langsung terhadap penyelesaian pekerjaan dan dapat menyebabkan ketidakefisienan operasi. Oleh karena itu, analisis NPT penting dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat efisiensi operasional serta sebagai dasar dalam proses perbaikan pada tahap analisis selanjutnya.

Perhitungan NPT dilakukan dengan membandingkan total durasi waktu tidak produktif terhadap total durasi pekerjaan dalam satu periode operasi. Selanjutnya, data total durasi pekerjaan, productive time, serta *Non-Productive Time* pada kegiatan *well intervention* periode 2020–2025 ditampilkan pada Tabel berikut.

Tabel 4. 3 Perhitungan NPT

Tahun	Total Durasi Job (jam)	Productive Time (jam)	<i>Non-Productive Time</i> / NPT (jam)	Jumlah Sumur	Jumlah Rig
2020	19.198,50	15.579,05	3.754,95	248	5
2021	9.658,50	6.561,25	3.097,25	127	3
2022	13.422,00	9.205,25	4.230,75	159	6
2023	35.452,50	24.996,00	10.542,00	227	6
2024	62.866,75	50.890,50	11.938,00	242	5
2025	30.796,50	26.008,75	4.773,25	190	8

Berdasarkan Tabel tersebut, selanjutnya dilakukan perhitungan persentase *Non-Productive Time* (NPT) untuk setiap tahun guna mengetahui proporsi waktu tidak produktif terhadap total durasi pekerjaan. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan NPT yang telah dijelaskan sebelumnya. Berikut hasil perhitungan berdasarkan data *WellView* disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 4. 4 NPT berdasarkan data *WellView*

TAHUN	NPT%
2020	19.58%
2021	32.07%
2022	31.52%
2023	29.74%
2024	18.98%
2025	15.50%

4.2.2 *Availability*

Availability merupakan indikator yang menggambarkan tingkat ketersediaan waktu operasi efektif dibandingkan dengan total durasi pekerjaan. Nilai *Availability* pada penelitian ini diperoleh dari perbandingan antara productive time dan total durasi job berdasarkan data rekapitulasi *WellView* Timelog pada kegiatan *well intervention* periode 2020–2025. Rekapitulasi data productive time dan total durasi job yang menjadi dasar perhitungan *Availability* ditampilkan pada Tabel berikut.

Tabel 4. 5 perhitungan *Availability*

Tahun	Availibillity
2020	81%
2021	68%
2022	69%
2023	71%
2024	81%
2025	84%

4.2.3 *Performance*

Dalam analisis *performance*, diperlukan nilai baseline durasi pekerjaan sebagai acuan waktu standar pelaksanaan operasi *well intervention*. Baseline ini digunakan untuk membandingkan antara waktu aktual pekerjaan dengan waktu yang diharapkan dalam kondisi operasi yang optimal.

Pada penelitian ini, baseline ditentukan berdasarkan rata-rata durasi pekerjaan pada periode 2020–2022. Pemilihan periode tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa tahun 2020–2022 merepresentasikan kondisi operasi yang relatif normal dan stabil sebelum terjadi peningkatan durasi pekerjaan pada tahun-tahun berikutnya. Dengan menggunakan rata-rata dari periode tersebut, baseline yang diperoleh diharapkan dapat merepresentasikan kinerja operasi yang optimal serta menjadi acuan yang lebih objektif dalam mengevaluasi performa operasi pada periode selanjutnya.

Untuk memperoleh gambaran durasi pekerjaan yang lebih representatif, dilakukan perhitungan durasi pekerjaan per Sumur pada setiap tahun operasi. Nilai ini diperoleh dari perbandingan antara total durasi pekerjaan dengan jumlah Sumur yang dikerjakan pada tahun yang bersangkutan. Rekapitulasi durasi pekerjaan per Sumur pada periode penelitian ditampilkan pada Tabel berikut.

Tabel 4. 6 *Tabel Performance*

Tahun	durasi job (jam/Sumur)	Performance
2020	77	102%
2021	76	104%
2022	84	94%
2023	156	51%
2024	260	31%
2025	162	49%

4.2.4 *Quality*

Quality merupakan indikator yang menggambarkan tingkat keberhasilan pekerjaan *well intervention* tanpa memerlukan pekerjaan ulang (*rework*). Indikator ini menunjukkan proporsi pekerjaan yang dapat diselesaikan dengan baik pada pelaksanaan pertama dibandingkan dengan total pekerjaan yang dilakukan. Nilai *Quality* pada penelitian ini diperoleh berdasarkan data jumlah total pekerjaan dan jumlah pekerjaan yang mengalami *rework* pada periode 2020–2025 yang bersumber dari *WellView* Timelog. Rekapitulasi nilai *Quality* untuk setiap tahun ditampilkan pada Tabel berikut.

Tabel 4. 7 *Quality*

Tahun	Job	Rework	Quality
2020	851	11	98.71%
2021	597	0	100.00%
2022	778	7	99.10%
2023	1664	7	99.58%
2024	2137	38	98.22%
2025	1066	25	97.65%

4.2.5 *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

Overall Equipment Effectiveness (OEE) digunakan untuk mengukur tingkat efektivitas pemanfaatan waktu operasi *well intervention* secara menyeluruh. Indikator ini menggambarkan kinerja proses berdasarkan tiga komponen utama, yaitu *Availability*, *performance*, dan *Quality*. Ketiga komponen tersebut digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana operasi dapat berjalan secara efektif, baik dari sisi ketersediaan waktu

operasi, kecepatan pelaksanaan pekerjaan, maupun tingkat keberhasilan pekerjaan tanpa *rework*. Rekapitulasi nilai OEE yang diperoleh pada periode penelitian ditampilkan pada Tabel berikut sebagai gambaran tingkat efektivitas operasi *well intervention*.

Tabel 4. 8 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Tahun	%OEE
2020	82%
2021	71%
2022	64%
2023	36%
2024	25%
2025	40%

4.2.6 Defects Per Million Opportunities (DPMO)

Defects Per Million Opportunities (DPMO) merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur tingkat kegagalan atau cacat dalam suatu proses berdasarkan jumlah peluang terjadinya cacat. Dalam penelitian ini, DPMO digunakan untuk mengevaluasi tingkat ketidakefisienan operasi *well intervention* yang berkaitan dengan terjadinya *Non-Productive Time* (NPT). Nilai DPMO menunjukkan jumlah potensi kegagalan yang terjadi dalam satu juta peluang sehingga dapat digunakan sebagai indikator kinerja proses.

Perhitungan DPMO pada penelitian ini didasarkan pada data jumlah pekerjaan (total job), jumlah pekerjaan yang mengalami *rework*, serta jumlah peluang terjadinya kegagalan pada setiap pekerjaan. Nilai DPMO yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menentukan tingkat sigma proses guna mengetahui kapabilitas proses operasi *well intervention* pada periode penelitian. Rekapitulasi nilai DPMO dan Sigma Level untuk setiap tahun ditampilkan pada Tabel berikut.

Tabel 4. 9 Defects Per Million Opportunities

Tahun	Total Job	Rework (Defect)	DPMO	Sigma Level
2020	851	11	1.175	4,54
2021	597	0	0	6,00
2022	778	7	818	4,66
2023	1664	7	382	4,91
2024	2137	38	1.617	4,44
2025	1066	25	2.132	4,36

4.3 Analyze

Tahap *Analyze* bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama tingginya *Non-Productive Time* (NPT) dan rendahnya efektivitas waktu operasi berdasarkan hasil pengukuran pada tahap Measure. Analisis dilakukan secara bertahap untuk memastikan bahwa permasalahan tidak hanya diidentifikasi pada tingkat gejala, tetapi hingga akar penyebab yang bersifat sistemik maupun teknis.

4.3.1 Analisis Pareto

Untuk mengidentifikasi penyebab dominan tingginya *Non-Productive Time* (NPT), dilakukan analisis menggunakan diagram Pareto berdasarkan data durasi pada tahap Measure. Analisis ini bertujuan untuk menentukan kategori penyebab yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total NPT sehingga dapat diprioritaskan dalam tahap perbaikan.

Dalam penelitian ini, NPT dikelompokkan menjadi dua fase utama, yaitu NPT *Moving* dan NPT *Operation*, karena karakteristik penyebab pada kedua fase tersebut berbeda. Pemisahan ini dilakukan untuk memperoleh hasil analisis yang lebih spesifik dan akurat dalam mengidentifikasi akar permasalahan.

4.3.1.1 Analisis Pareto *Moving*

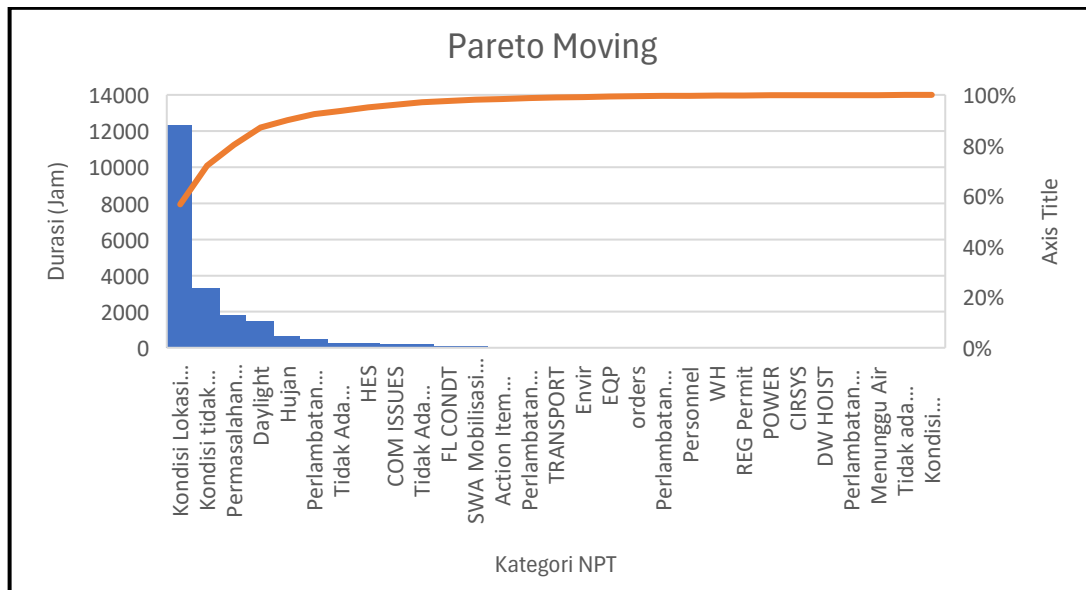
Analisis Pareto pada NPT *Moving* dilakukan untuk mengidentifikasi faktor dominan yang menyebabkan keterlambatan mobilisasi rig. Data durasi setiap kategori penyebab diurutkan berdasarkan kontribusi terbesar hingga terkecil dan dihitung persentase kumulatifnya.

Hasil pengolahan data disajikan pada Tabel 4.10 dan divisualisasikan dalam Gambar 4.1.

Tabel 4. 10 Analisis Pareto pada NPT *Moving*

Kategori NPT	Durasi (Jam)	Persentase	Cumulative Persentase
Kondisi Lokasi Tidak Selamat	12345.8	56.70%	56.70%
Kondisi tidak aman untuk melintas karena melalui fasilitas umum	3333.25	15.31%	72.01%
Permasalahan Peralatan rig	1792.5	8.23%	80.24%
<i>Daylight</i>	1495	6.87%	87.11%
Hujan	635.75	2.92%	90.02%
Perlambatan Kerja karena lokasi tidak selamat	525.5	2.41%	92.44%
Tidak Ada Tandem Tersedia	286	1.31%	93.75%
HES	283	1.30%	95.05%
COM ISSUES	231.5	1.06%	96.11%
Tidak Ada Dozer tersedia	212.5	0.98%	97.09%
FL CONDT	116	0.53%	97.62%

Kategori NPT	Durasi (Jam)	Persentase	Cumulative Persentase
SWA Mobilisasi saat malam hari	100.5	0.46%	98.08%
Action Item <i>Controllable</i> belum dilakukan	73	0.34%	98.42%
Perlambatan Kerja karena kondisi Sumur dan permintaan program	72	0.33%	98.75%
<i>TRANSPORT</i>	51.5	0.24%	98.99%
Envir	49	0.23%	99.21%
EQP	35	0.16%	99.37%
orders	25	0.11%	99.49%
Perlambatan Pekerjaan karena peralatan rig	24.5	0.11%	99.60%
Personnel	20.5	0.09%	99.69%
WH	14	0.06%	99.76%
REG Permit	13.5	0.06%	99.82%
POWER	11	0.05%	99.87%
CIRSYS	6	0.03%	99.90%
DW HOIST	5.5	0.03%	99.92%
Perlambatan Kerja karena action item <i>controlable</i> blm dilakukan	5	0.02%	99.95%
Menunggu Air	4	0.02%	99.97%
Tidak ada FOCO tersedia	4	0.02%	99.98%
Kondisi Fasilitas Prod Tidak Selamat	3.5	0.02%	100.00%



Gambar 4. 1 Pareto NPT *Moving*

Berdasarkan Tabel 4.10 dan Gambar 4.1 Pareto NPT *Moving*, terlihat bahwa distribusi durasi NPT sangat terkonsentrasi pada beberapa kategori utama. Kategori dengan kontribusi terbesar adalah Kondisi Lokasi Tidak Selamat sebesar 56,70%, diikuti oleh Kondisi tidak aman untuk melintas karena melalui fasilitas umum sebesar 15,31%, serta Permasalahan Peralatan rig sebesar 8,23%.

Secara kumulatif, tiga kategori tersebut telah menyumbang 80,24% dari total NPT *Moving*. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar keterlambatan mobilisasi rig berasal dari sejumlah kecil faktor dominan (*critical few*), sementara kategori lainnya memberikan kontribusi yang relatif kecil terhadap total durasi keterlambatan.

Dominasi kategori Kondisi Lokasi Tidak Selamat mengindikasikan bahwa aspek keselamatan dan kesiapan akses lokasi menjadi faktor utama dalam keterlambatan mobilisasi. Tingginya kontribusi kondisi tidak aman untuk melintas melalui fasilitas umum memperkuat indikasi bahwa hambatan akses dan pembatasan jalur mobilisasi memiliki dampak signifikan terhadap waktu perpindahan rig. Sementara itu, Permasalahan Peralatan rig menunjukkan bahwa kesiapan teknis unit pendukung mobilisasi juga turut berkontribusi terhadap terjadinya delay.

Dengan demikian, akar permasalahan NPT *Moving* lebih dominan berkaitan dengan kesiapan lokasi, aksesibilitas, dan aspek keselamatan operasional, dibandingkan dengan faktor administratif atau komunikasi. Oleh karena itu, pada tahap *Improve*, fokus perbaikan perlu diarahkan pada peningkatan perencanaan dan verifikasi kesiapan lokasi

sebelum mobilisasi, penguatan koordinasi akses dan jalur *transportasi*, serta peningkatan keandalan peralatan rig guna meminimalkan potensi keterlambatan berulang.

4.3.1.2 Analisis Pareto *Operation*

Selain pada fase mobilisasi, analisis juga dilakukan terhadap NPT *Operation* untuk mengidentifikasi penyebab dominan keterlambatan setelah rig memasuki tahap operasional di Sumur. Berbeda dengan NPT *Moving* yang didominasi oleh faktor kesiapan lokasi dan akses mobilisasi, NPT *Operation* lebih berkaitan dengan aspek teknis peralatan, kondisi Sumur, serta faktor lingkungan yang memengaruhi kelancaran pelaksanaan pekerjaan intervensi.

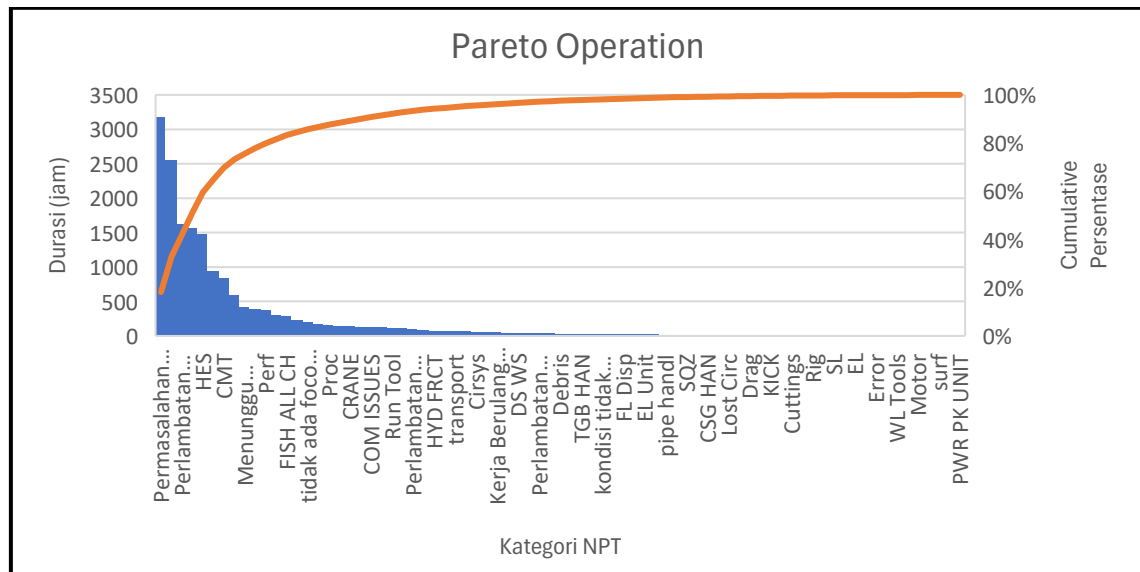
Durasi setiap kategori penyebab diurutkan berdasarkan kontribusi terbesar hingga terkecil, kemudian dihitung persentase dan persentase kumulatifnya untuk mengidentifikasi kategori dominan sesuai prinsip Pareto (80/20). Hasil pengolahan data tersebut disajikan pada Tabel 4.11 dan Gambar 4.2 sebagai dasar dalam menentukan faktor kritis yang menjadi prioritas analisis lebih lanjut.

Tabel 4. 11 NPT *Operation*

Kategori	Durasi (Jam)	<i>persentase</i>	<i>accumulative persentase</i>
Permasalahan Peralatan Rig	3175.5	18.196%	18.196%
Hujan Deras	2557	14.652%	32.847%
Perlambatan kerja karena kondisi Sumur dan permintaan program	1616.5	9.263%	42.110%
ESP	1572.25	9.009%	51.119%
HES	1480.5	8.483%	59.602%
Kondisi Lokasi Tidak Selamat	944.25	5.411%	65.013%
CMT	847	4.853%	69.866%
PKR COMP	596.25	3.417%	73.283%
Menunggu Foaming Unit	415	2.378%	75.661%
Tidak ada dozer tersedia	394.75	2.262%	77.923%
Perf	368.25	2.110%	80.033%
CSG LN	300.5	1.722%	81.754%
FISH ALL CH	285.5	1.636%	83.390%
TBG	219	1.255%	84.645%
tidak ada foco tersedia	199	1.140%	85.786%
PWR SWVL	173	0.991%	86.777%

Kategori	Durasi (Jam)	<i>persentase</i>	<i>accumulative persentase</i>
Proc	158.75	0.910%	87.686%
FL Cond	144	0.825%	88.512%
CRANE	142.5	0.817%	89.328%
Personnel	131.75	0.755%	90.083%
COM ISSUES	128.25	0.735%	90.818%
Orders	127	0.728%	91.546%
Run Tool	113	0.647%	92.193%
WH	112	0.642%	92.835%
Perlambatan Kerja karena lokasi tidak selamat	101.75	0.583%	93.418%
EVAL	83.5	0.478%	93.896%
HYD FRCT	65.5	0.375%	94.272%
Log Tool	63.5	0.364%	94.636%
<i>transport</i>	63	0.361%	94.997%
Kerja Berulang karena kondisi Sucker rod pump	61	0.350%	95.346%
Cirsys	52.5	0.301%	95.647%
Menunggu Air	51.5	0.295%	95.942%
Kerja Berulang karena kondisi tubing	49	0.281%	96.223%
CMT job	46.5	0.266%	96.489%
DS WS	46.5	0.266%	96.756%
Daylight	42	0.241%	96.996%
Perlambatan Kerja terkait peralatan rig	38	0.218%	97.214%
Rod Pump	33	0.189%	97.403%
Debris	32.75	0.188%	97.591%
BHA	32	0.183%	97.774%
TGB HAN	27.75	0.159%	97.933%
Tree WH	26.25	0.150%	98.084%
kondisi tidak aman untuk melintasi fasilitas umum	26	0.149%	98.233%
action item <i>controlable</i>	25.5	0.146%	98.379%
FL Disp	23.75	0.136%	98.515%
EQP	23	0.132%	98.647%
EL Unit	20.5	0.117%	98.764%

Kategori	Durasi (Jam)	<i>persentase</i>	<i>accumulative persentase</i>
Geometry	20.5	0.117%	98.882%
pipe handl	17.25	0.099%	98.980%
Tidak ada crane tersedia	16	0.092%	99.072%
SQZ	14.5	0.083%	99.155%
STUCK	13.7	0.079%	99.234%
CSG HAN	13	0.074%	99.308%
SWA mobilisasi dozer malam hari	12	0.069%	99.377%
Lost Circ	11.75	0.067%	99.444%
CREWCHG	9.5	0.054%	99.499%
Drag	9	0.052%	99.550%
Envir	8.5	0.049%	99.599%
KICK	7.5	0.043%	99.642%
SSV SCSSV	7.5	0.043%	99.685%
Cuttings	7	0.040%	99.725%
HES ALARM	7	0.040%	99.765%
Rig	7	0.040%	99.805%
Power	6	0.034%	99.840%
SL	5	0.029%	99.868%
SC	4.5	0.026%	99.894%
EL	4	0.023%	99.917%
EXTRA TRIP	3	0.017%	99.934%
Error	2	0.011%	99.946%
SS PROD RSR	2	0.011%	99.957%
WL Tools	2	0.011%	99.968%
Labor Prob	1.5	0.009%	99.977%
Motor	1	0.006%	99.983%
platform	1	0.006%	99.989%
surf	1	0.006%	99.994%
Generator	0.5	0.003%	99.997%
PWR PK UNIT	0.5	0.003%	100.000%



Gambar 4. 2 NPT Operation

Berdasarkan prinsip Pareto (80/20), sekitar 80% dampak permasalahan umumnya disebabkan oleh sekitar 20% faktor dominan. Pada NPT Operation, terlihat bahwa kategori Permasalahan Peralatan Rig (18,196%), Hujan Deras (14,652%), Perlambatan kerja karena kondisi Sumur dan permintaan program (9,263%), ESP (9,009%), dan HES (8,483%) secara kumulatif menyumbang 59,602% dari total NPT.

Apabila ditambahkan kategori berikutnya hingga mencapai $\pm 80\%$, maka kontribusi kumulatif tercapai pada kategori Perf (80,033%). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar kehilangan waktu operasional terkonsentrasi pada sejumlah kecil penyebab dominan (*Critical few*).

Namun demikian, dalam konteks penentuan prioritas perbaikan, tidak seluruh faktor dominan dapat dijadikan fokus utama *root cause Improvement*. Sebagai contoh, Hujan Deras merupakan faktor lingkungan yang bersifat eksternal dan tidak dapat dikendalikan secara langsung (*uncontrollable factor*). Oleh karena itu, meskipun kontribusinya signifikan, faktor ini tidak menjadi prioritas utama dalam perancangan strategi perbaikan, melainkan dikelola melalui mitigasi risiko operasional.

Dengan mempertimbangkan aspek *controllability*, maka faktor yang lebih relevan untuk dianalisis lebih lanjut sebagai *root cause prioritas* adalah:

- Permasalahan Peralatan Rig
- Perlambatan kerja karena kondisi Sumur dan permintaan program
- ESP
- HES
- Kondisi Lokasi Tidak Selamat

Kelima faktor tersebut bersifat teknis dan manajerial yang masih berada dalam ruang kendali operasional perusahaan, sehingga lebih tepat dijadikan fokus analisis lanjutan menggunakan *Fishbone*, FMEA, dan 5 *Whys*.

Dengan demikian, pendekatan Pareto tidak hanya digunakan untuk mengidentifikasi faktor terbesar secara kuantitatif, tetapi juga disaring berdasarkan tingkat kendali (*controllability*) untuk memastikan bahwa strategi perbaikan yang dirumuskan bersifat realistis, aplikatif, dan berdampak langsung terhadap peningkatan efektivitas operasi.

4.3.2 Analisis *Fishbone*

Berdasarkan hasil analisis Pareto pada subbab sebelumnya, telah diidentifikasi beberapa kategori dominan yang memberikan kontribusi terbesar terhadap durasi *Non-Productive Time* (NPT), baik pada fase mobilisasi (NPT *Moving*) maupun fase operasi (NPT *Operation*). Meskipun diagram Pareto mampu menunjukkan prioritas penyebab berdasarkan kontribusi durasi, metode tersebut belum mampu menjelaskan akar penyebab yang mendasari terjadinya kategori-kategori tersebut.

Oleh karena itu, pada tahap *Analyze* dalam metodologi DMAIC dilakukan analisis lanjutan menggunakan *Fishbone* Diagram (*Ishikawa*) untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat secara lebih mendalam dan sistematis. Analisis ini bertujuan untuk menggali faktor-faktor utama yang mempengaruhi tingginya NPT berdasarkan aspek manusia (*man*), metode (*method*), mesin/peralatan (*machine*), *material*, dan lingkungan (*environment*).

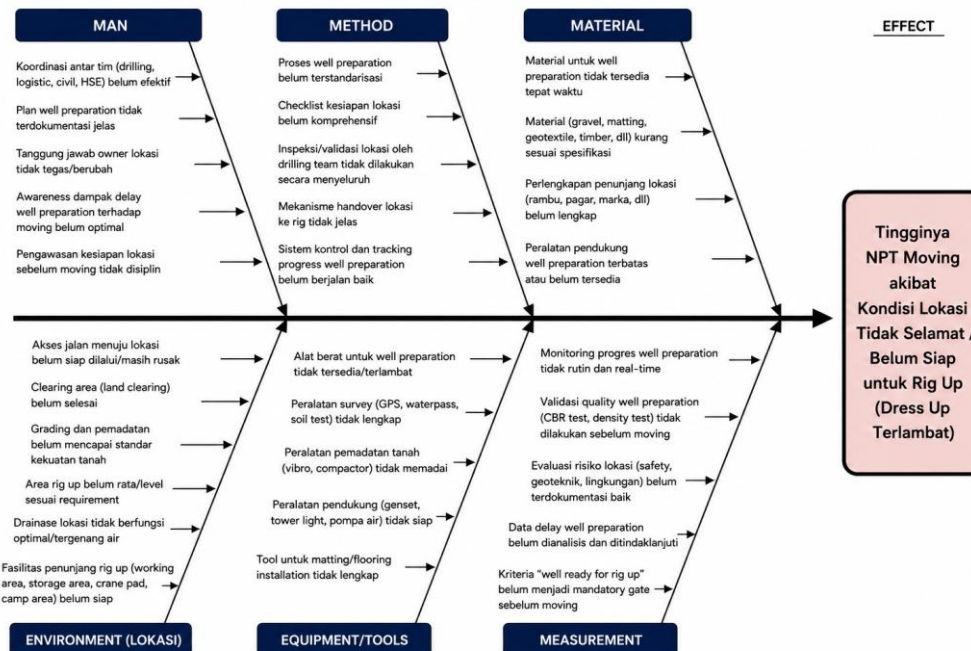
Mengingat karakteristik penyebab NPT *Moving* dan NPT *Operation* berbeda, maka analisis *Fishbone* dilakukan secara terpisah agar akar permasalahan pada masing-masing fase dapat diidentifikasi secara lebih spesifik dan akurat.

4.3.2.1 Analisis *Fishbone Moving*

Berdasarkan hasil analisis Pareto sebelumnya, diketahui bahwa kategori dominan pada NPT *Moving* meliputi *Daylight*, *Action Item Controllable* belum dilakukan, dan *COM Issues*. Oleh karena itu, analisis *Fishbone* dilakukan untuk mengidentifikasi akar penyebab yang berkontribusi terhadap tingginya keterlambatan mobilisasi *rig* dengan menetapkan *effect* berupa “Tingginya NPT *Moving* (Delay Mobilisasi *Rig*)” serta memetakan faktor penyebab berdasarkan aspek *man*, *method*, *machine*, *material*, dan *environment*.

4.3.2.1.1 *Fishbone* Kondisi Lokasi Tidak Selamat

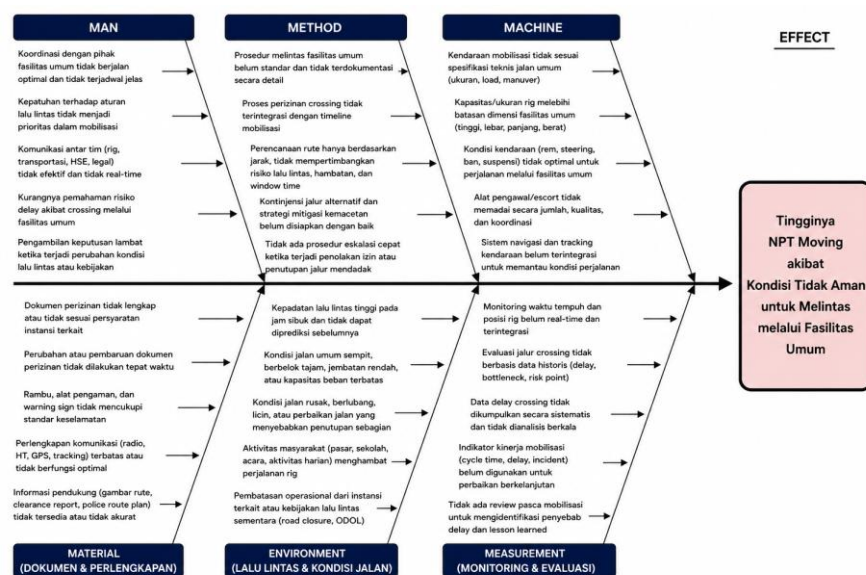
Berikut *fishbone* kondisi lokasi tidak selamat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab keterlambatan mobilisasi rig akibat lokasi operasi yang belum siap untuk dilakukan proses *rig up* sehingga berkontribusi terhadap tingginya NPT *Moving*.



Gambar 4. 3 *Fishbone* Kondisi Lokasi Tidak Selamat

4.3.2.1.2 *Fishbone* Kondisi tidak aman untuk melintas karena melalui fasilitas umum

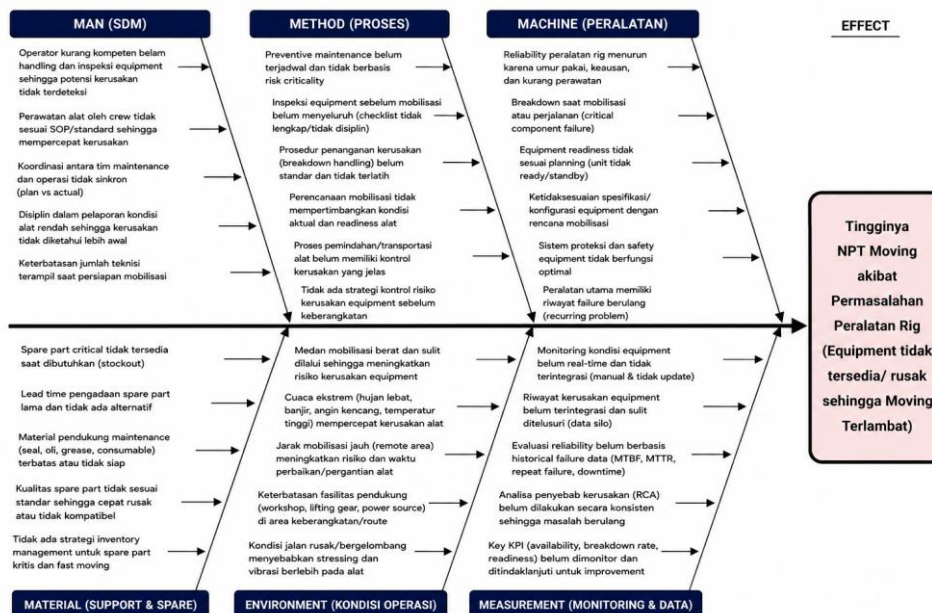
Berikut *fishbone* kondisi tidak aman untuk melintas melalui fasilitas umum digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab keterlambatan mobilisasi rig akibat hambatan akses dan proses *crossing* pada jalur fasilitas umum yang berdampak terhadap peningkatan NPT *Moving*.



Gambar 4. 4 *Fishbone* Kondisi Tidak Aman

4.3.2.1.3 Fishbone Permasalahan Peralatan Rig

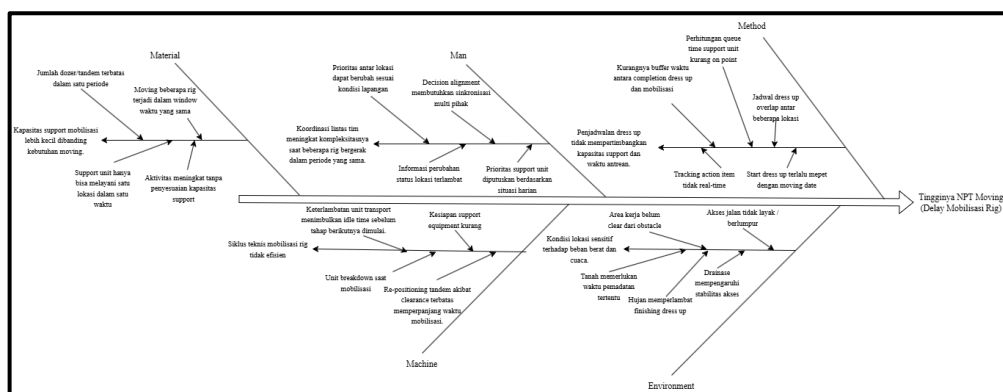
Berikut *fishbone* permasalahan peralatan *rig* digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab keterlambatan mobilisasi akibat ketidaksiapan, kerusakan, atau rendahnya *availability* peralatan *rig* yang berkontribusi terhadap tingginya NPT *Moving*.



Gambar 4. 5 Fishbone Permasalahan Rig

4.3.2.1.4 Analisis Fishbone Pada Failure Dominan

Analisis *fishbone* pada *failure* dominan dilakukan untuk mengintegrasikan faktor-faktor penyebab utama dari kategori NPT *Moving* yang paling berpengaruh sehingga dapat diperoleh akar permasalahan prioritas yang akan digunakan pada tahap analisis lanjutan menggunakan FMEA.



Gambar 4. 6 Fishbone Permasalahan Rig

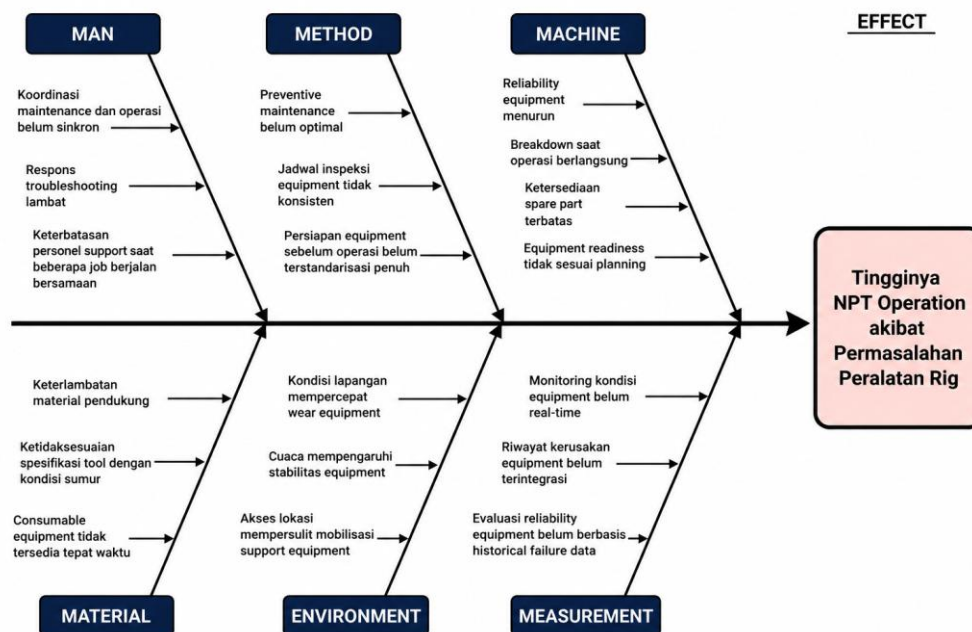
4.3.2.2 Analisis Fishbone Operation

Berdasarkan hasil Pareto NPT *Operation*, diketahui bahwa kategori dominan meliputi *action item controllable*, BHA, Cirsys, dan CMT. Untuk menggali penyebab mendasar dari keterlambatan pada fase operasional, dilakukan analisis *Fishbone*.

Dalam analisis ini, *effect* yang ditetapkan adalah “Tingginya NPT *Operation* saat *rig* beroperasi”. Identifikasi akar penyebab dilakukan dengan mengelompokkan faktor-faktor berdasarkan aspek *man*, *method*, *machine*, material, dan *environment*.

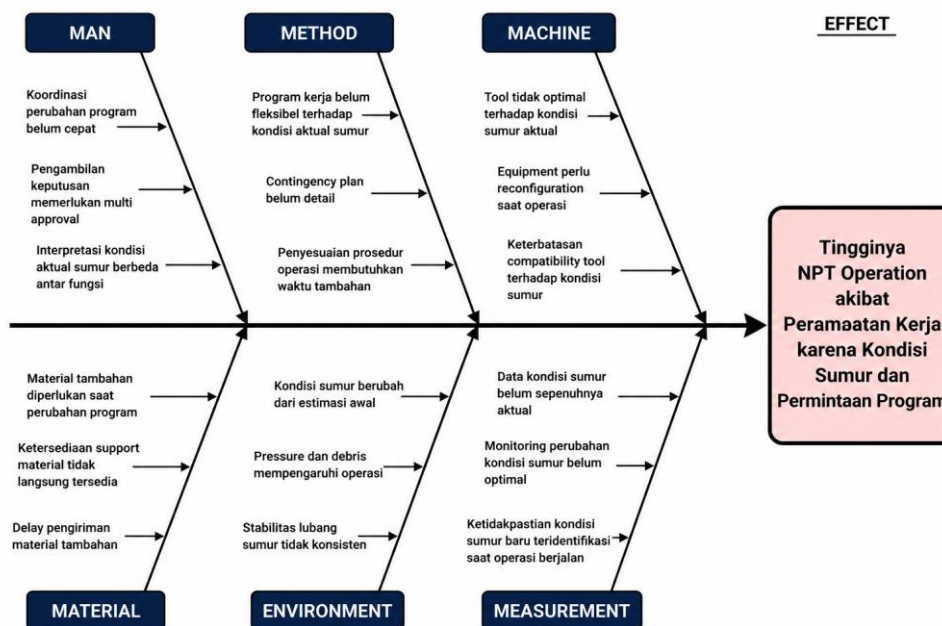
4.3.2.2.1 *Fishbone* Permasalahan Peralatan *Rig*

Berikut *fishbone* permasalahan peralatan *rig* pada NPT *Operation* digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab gangguan operasi akibat rendahnya *reliability* dan kesiapan peralatan *rig* yang berdampak terhadap peningkatan keterlambatan operasi *well intervention*.



Gambar 4. 7 *Fishbone* Permasalahan Peralatan *Rig*

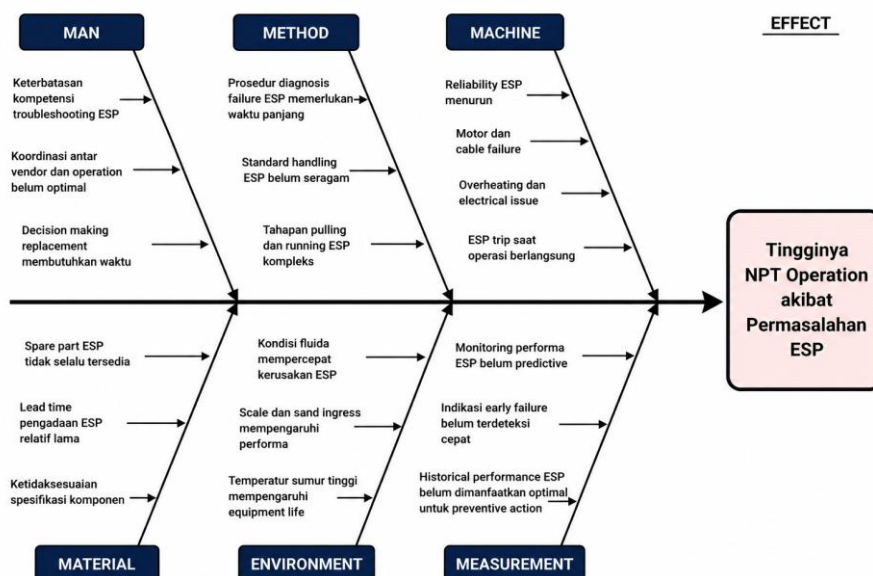
4.3.2.2.2 *Fishbone* Perlambatan kerja karena kondisi Sumur dan permintaan program
 Berikut *fishbone* perlambatan kerja karena kondisi sumur dan permintaan program digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab keterlambatan operasi akibat perubahan kondisi sumur serta penyesuaian program kerja yang berdampak terhadap peningkatan NPT *Operation*.



Gambar 4. 8 Fishbone Perlambatan kerja karena kondisi Sumur dan permintaan program

4.3.2.2.3 Fishbone ESP

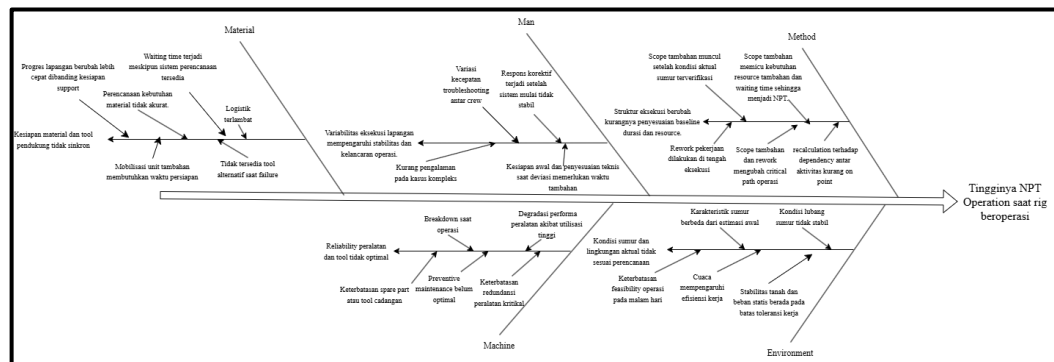
Berikut fishbone ESP digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab gangguan operasi akibat permasalahan *Electrical Submersible Pump* (ESP) yang mempengaruhi kelancaran pelaksanaan *well intervention* dan berkontribusi terhadap tingginya NPT Operation.



Gambar 4. 9 Fishbone ESP

4.3.2.2.4 Analisis Fishbone Pada Failure Dominan

Analisis fishbone pada failure dominan dilakukan untuk mengintegrasikan akar penyebab utama dari kategori NPT Operation yang paling berpengaruh sehingga diperoleh faktor-faktor prioritas yang menjadi fokus pada tahap analisis lanjutan menggunakan FMEA.



Gambar 4. 10 Fishbone Failure Dominan

4.3.3 Analisis FMEA

Setelah penyebab dominan NPT diidentifikasi melalui analisis Pareto dan dipetakan secara kausal menggunakan *Fishbone* Diagram, tahap berikutnya adalah melakukan evaluasi risiko terhadap setiap failure mode yang muncul. Dalam penelitian ini, failure mode diposisikan sebagai bentuk kegagalan proses operasional yang berkontribusi langsung terhadap terjadinya delay atau penghentian sementara aktivitas *well intervention*, baik yang bersifat teknis maupun eksekusional.

Failure mode yang dianalisis diturunkan secara langsung dari faktor-faktor dominan hasil Pareto, sehingga menjaga konsistensi antara data empiris dan pemetaan sebab-akibat. Penilaian terhadap *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* dilakukan untuk mengkuantifikasi tingkat eksposur risiko dari masing-masing *failure mode*. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi penyebab yang tidak hanya sering terjadi, tetapi juga memiliki dampak signifikan dan tingkat pengendalian yang rendah. *Nilai Risk Priority Number* (RPN) yang dihasilkan selanjutnya digunakan sebagai dasar seleksi akar masalah prioritas yang akan dianalisis lebih mendalam menggunakan metode *5 Whys*, sehingga proses penentuan fokus perbaikan bersifat *data-driven* dan berbasis risiko, bukan sekadar frekuensi kejadian.

4.3.3.1 Analisis FMEA Moving

Berdasarkan analisis Pareto, NPT *Moving* terkonsentrasi pada beberapa faktor utama, yaitu kondisi lokasi tidak selamat, keterbatasan akses mobilisasi, serta permasalahan peralatan rig, yang secara kumulatif menyumbang lebih dari 80% total durasi keterlambatan. Hal ini menunjukkan bahwa keterlambatan mobilisasi bersifat terfokus pada faktor sistemik tertentu, bukan tersebar merata.

Pemetaan melalui *Fishbone* Diagram dalam kerangka 5M mengonfirmasi bahwa cabang *EnvIRonment* dan *Machine* menjadi kontributor dominan, terutama terkait kesiapan fisik lokasi, karakteristik akses, dan reliabilitas support mobilisasi. Oleh karena itu, analisis risiko difokuskan pada cabang penyebab utama yang telah tervalidasi.

Selanjutnya dilakukan FMEA secara bertingkat, dimulai dari level problem utama dan diturunkan ke level sub-problem berdasarkan nilai RPN tertinggi. Pendekatan ini memastikan prioritas perbaikan ditentukan tidak hanya dari besarnya durasi historis, tetapi juga dari tingkat risiko dan dampak terhadap keterlambatan mobilisasi.

- FMEA *Moving* Level Problem

Tabel 4. 12 FMEA *Moving* Level Problem

No	Failure Mode	S	O	D	RPN
1	Koordinasi lintas tim meningkat kompleksitasnya saat beberapa rig bergerak dalam periode yang sama.	7	5	5	175
2	Penjadwalan dress up tidak mempertimbangkan kapasitas support dan waktu antrean.	7	3	6	126
3	Kondisi lokasi sensitif terhadap beban berat dan cuaca.	10	5	2	100
4	Kapasitas support mobilisasi lebih kecil dibanding kebutuhan <i>moving</i>	4	5	5	100
5	Siklus teknis mobilisasi rig tidak efisien	6	7	2	84

Berdasarkan hasil FMEA level problem, nilai RPN tertinggi terdapat pada faktor koordinasi lintas tim yang meningkat kompleksitasnya saat beberapa rig bergerak dalam periode yang sama (RPN = 175). Hal ini menunjukkan bahwa risiko keterlambatan mobilisasi tidak semata-mata dipicu oleh kondisi teknis lapangan, melainkan oleh dinamika sinkronisasi antar fungsi ketika intensitas *moving* meningkat secara bersamaan. Faktor ini menjadi krusial karena bersifat sistemik dan berdampak lintas lokasi.

- FMEA *Moving* Level Sub Problem

Tabel 4. 13 *Moving* Level Sub Problem

No	Failure Mode	S	O	D	RPN
1	Decision alignment membutuhkan sinkronisasi multi pihak	5	7	5	175
2	Kesiapan support equipment kurang	4	5	5	100
3	Prioritas antar lokasi dapat berubah sesuai kondisi lapangan	3	10	3	90
4	Prioritas support unit diputuskan berdasarkan situasi harian	3	7	4	84

Pada level sub-problem, nilai RPN tertinggi juga berada pada aspek decision alignment yang membutuhkan sinkronisasi multi pihak (RPN = 175). Temuan ini memperkuat bahwa waiting time pada fase mobilisasi lebih banyak dipengaruhi oleh proses konsolidasi keputusan yang berlangsung bertahap, sehingga menimbulkan idle time sebelum aktivitas berikutnya dapat dieksekusi. Risiko ini semakin signifikan ketika prioritas support unit dan urutan lokasi bersifat dinamis mengikuti kondisi harian di lapangan.

Secara keseluruhan, hasil FMEA menunjukkan bahwa *Sumber* risiko dominan NPT *Moving* berada pada aspek koordinasi operasional dan pengelolaan kapasitas support mobilisasi, bukan semata pada faktor teknis tunggal. Oleh karena itu, tahap analisis selanjutnya difokuskan pada penelusuran akar penyebab menggunakan pendekatan 5 *Whys* terhadap failure mode dengan RPN tertinggi, guna merumuskan strategi perbaikan yang lebih terarah dan berdampak sistemik terhadap penurunan NPT.

4.3.3.2 Analisis FMEA Operation

Berdasarkan analisis Pareto, NPT *Operation* terkonsentrasi pada permasalahan peralatan rig, penyesuaian struktur pekerjaan selama eksekusi, serta hambatan akibat kondisi aktual Sumur. Temuan ini menunjukkan bahwa deviasi durasi terutama dipengaruhi oleh dinamika teknis dan kompleksitas pelaksanaan di lapangan.

Pemetaan melalui *Fishbone* Diagram menunjukkan bahwa penyebab tersebar pada aspek *Machine*, *Method*, dan *EnvIRONment* yang saling berinteraksi dalam memengaruhi stabilitas durasi operasi.

Selanjutnya dilakukan analisis FMEA yang difokuskan pada failure mode dominan untuk menentukan prioritas risiko berdasarkan tingkat dampak dan potensi eskalasi terhadap *downtime* operasional.

- FMEA *Operation* Level Problem

Tabel 4. 14 *Operating* Level Problem

No	Failure Mode	S	O	D	RPN
1	Kondisi Sumur dan lingkungan aktual tidak sesuai perencanaan	9	5	8	360
2	Variabilitas eksekusi lapangan mempengaruhi stabilitas dan kelancaran operasi.	7	5	6	210
3	Reliability peralatan dan tool tidak optimal	5	5	5	125
4	Struktur eksekusi berubah kurangnya penyesuaian	7	3	3	63

5	Kesiapan material dan tool pendukung tidak sinkron	6	5	2	60
---	--	---	---	---	-----------

Berdasarkan hasil FMEA level problem, nilai RPN tertinggi terdapat pada faktor kondisi Sumur dan lingkungan aktual yang tidak sepenuhnya selaras dengan perencanaan awal (RPN = 360). Nilai ini menunjukkan bahwa ketidakpastian kondisi lapangan memiliki potensi risiko terbesar terhadap stabilitas durasi operasi. Variabilitas eksekusi lapangan (RPN = 210) juga menunjukkan bahwa dinamika operasional saat pekerjaan berlangsung berkontribusi signifikan terhadap potensi deviasi waktu.

- FMEA Operation Level Sub Problem

Tabel 4. 15 FMEA *Operation* Level Sub Problem

No	Failure Mode	S	O	D	RPN
1	Kondisi lubang Sumur tidak stabil	9	4	8	288
2	Karakteristik Sumur berbeda dari estimasi awal	5	5	8	200
3	Cuaca mempengaruhi efisiensi kerja	9	6	2	108
4	Stabilitas tanah dan beban statis berada pada batas toleransi kerja	9	5	2	90
5	Keterbatasan feasibility operasi pada malam hari	8	5	2	80

Pada level sub-problem, risiko tertinggi teridentifikasi pada kondisi lubang Sumur yang tidak stabil (RPN = 288), diikuti oleh perbedaan karakteristik Sumur terhadap estimasi awal (RPN = 200). Temuan ini mengindikasikan bahwa faktor *subsurface* dan aktualitas kondisi Sumur memiliki pengaruh langsung terhadap peningkatan kompleksitas kerja dan potensi tambahan durasi. Sementara itu, faktor lingkungan seperti cuaca dan batas toleransi stabilitas tanah tetap berkontribusi, namun dengan tingkat eskalasi risiko yang relatif lebih terkendali.

Secara keseluruhan, hasil FMEA menegaskan bahwa prioritas analisis lanjutan perlu difokuskan pada aspek ketidakpastian kondisi Sumur dan dampaknya terhadap stabilitas eksekusi, sebelum merumuskan strategi mitigasi yang lebih sistematis pada tahap berikutnya.

4.3.4 Analisis 5 *Whys*

Berdasarkan hasil perhitungan FMEA, failure mode dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dipilih sebagai fokus analisis lanjutan untuk mengidentifikasi akar penyebab yang paling mendasar. Pemilihan ini didasarkan pada pendekatan risk-based prioritization, di mana penyebab dengan tingkat risiko operasional paling kritis menjadi

prioritas utama perbaikan, meskipun kontribusi durasinya bukan yang terbesar pada analisis Pareto.

Untuk menggali penyebab mendasar secara sistematis, digunakan metode *5 Whys*, yaitu teknik analisis akar penyebab yang dilakukan dengan menelusuri hubungan sebab–akibat secara bertahap melalui pertanyaan “mengapa” hingga diperoleh faktor fundamental yang bersifat sistemik dan dapat dikendalikan. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa usulan perbaikan tidak hanya menyelesaikan gejala permasalahan, tetapi menyorot *Sumber* utama yang menyebabkan terjadinya NPT pada operasi *well intervention*.

4.3.4.1 Analisis 5 Whys Moving

Berdasarkan hasil FMEA, failure mode dengan nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi pada NPT *Moving* adalah Decision alignment membutuhkan sinkronisasi multi pihak. Untuk mengidentifikasi akar penyebab yang bersifat mendasar dan sistemik, dilakukan analisis menggunakan metode *5 Whys* sebagai berikut:

Tabel 4. 16 Analisis 5 Whys Moving

No	Why	Cause
1	Mengapa decision alignment yang melibatkan multi pihak dapat berkontribusi terhadap NPT <i>Moving</i> ?	Karena keputusan mobilisasi baru dapat dieksekusi setelah seluruh pihak menyelesaikan konfirmasi kesiapan masing-masing.
2	Mengapa mobilisasi harus menunggu seluruh fungsi menyatakan siap?	Karena tahapan mobilisasi bersifat saling tergantung (<i>interdependent</i>), sehingga satu fungsi yang belum siap akan menghentikan rangkaian aktivitas berikutnya.
3	Mengapa kesiapan antar fungsi tidak tercapai secara bersamaan?	Karena masing-masing fungsi memverifikasi kesiapan berdasarkan progres internalnya sendiri tanpa sinkronisasi terhadap <u>dependency</u> antar fungsi.
4	Mengapa verifikasi dilakukan secara parsial dan tidak berbasis dependency mobilisasi?	Karena belum ada mekanisme kontrol yang mensyaratkan seluruh elemen critical path mobilisasi (akses, support unit, <i>transport</i> , safety clearance) tervalidasi secara bersamaan sebelum eksekusi.
5	Mengapa belum ada mekanisme penguncian readiness berbasis critical path sebelum mobilisasi?	Karena sistem pengendalian mobilisasi belum dirancang untuk mengelola interdependensi antar fungsi dan kapasitas <i>Resource</i> secara terintegrasi.

NPT *Moving* terjadi karena sistem pengendalian mobilisasi belum mengintegrasikan manajemen interdependensi antar fungsi dan *Resource* dalam satu mekanisme penguncian kesiapan sebelum eksekusi, sehingga ketidaksiapan parsial pada satu elemen langsung berkembang menjadi waiting time dan idle mobilisasi.

4.3.4.2 Analisis 5 Whys Operation

Berdasarkan hasil FMEA, failure mode dengan nilai RPN tertinggi pada NPT Operation Adalah Kondisi lubang Sumur tidak stabil. Untuk mengidentifikasi akar penyebab yang bersifat sistemik, dilakukan analisis 5 Whys sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Analisis *Whys Operation*

No	Why	Cause
1	Mengapa terjadi ketidakstabilan kondisi Sumur saat operasi berlangsung?	Karena terjadi ketidakseimbangan tekanan (pressure imbalance) atau perubahan distribusi tekanan saat intervensi, yang memicu restriksi, debris <i>movement</i> , atau gangguan integritas lubang dan menghambat aktivitas running/pulling tool.
2	Mengapa ketidakseimbangan tekanan tersebut terjadi saat operasi?	Karena kondisi aktual Sumur telah berubah sejak periode produksi sebelumnya, seperti penumpukan scale, masuknya pasir, atau degradasi integritas lokal, sehingga respons Sumur saat intervensi tidak lagi sesuai dengan asumsi awal perencanaan.
3	Mengapa perubahan kondisi tersebut baru teridentifikasi saat operasi berlangsung?	Karena verifikasi kondisi aktual Sumur sebelum eksekusi belum sepenuhnya mampu menangkap seluruh potensi perubahan yang terjadi selama periode non-operasi.
4	Mengapa verifikasi awal belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi aktual Sumur?	Karena pendekatan readiness intervensi masih lebih menitikberatkan pada kesiapan peralatan dan program kerja, sementara ketidakpastian kondisi Sumur bersifat dinamis dan berkembang seiring waktu.
5	Mengapa pendekatan readiness intervensi lebih berfokus pada kesiapan peralatan dan program kerja dibanding evaluasi kondisi Sumur secara dinamis?	Karena evaluasi kondisi Sumur sebelum intervensi masih banyak mengacu pada data historis, sementara perubahan kondisi internal Sumur seperti scale buildup, sand ingress, atau degradasi lokal berkembang secara dinamis seiring waktu.

Perubahan kondisi internal Sumur pada Sumur, seperti penumpukan scale, masuknya pasir, atau degradasi integritas lokal, berkembang secara dinamis dan tidak selalu tercermin pada data historis yang digunakan dalam perencanaan intervensi, sehingga potensi restriksi baru teridentifikasi saat operasi berlangsung dan berdampak pada tambahan durasi.

4.4 Improve

Berdasarkan hasil analisis pada tahap sebelumnya, diketahui bahwa beberapa aktivitas pada operasi *well intervention*, khususnya pada kategori *moving* dan *Operation*, memberikan kontribusi signifikan terhadap terjadinya *Non-Productive Time* (NPT). Oleh karena itu, pada tahap ini dilakukan perumusan dan evaluasi usulan strategi perbaikan untuk mengurangi NPT pada aktivitas tersebut. Proses penentuan prioritas perbaikan

dilakukan dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan bobot kepentingan setiap kriteria. Selanjutnya, alternatif strategi perbaikan yang telah ditentukan dievaluasi dan diprioritaskan dengan *Global Weight* untuk memperoleh alternatif perbaikan yang paling optimal dalam meningkatkan efisiensi operasi serta meningkatkan kinerja *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

4.4.1 AHP

Alternatif strategi perbaikan yang telah diidentifikasi selanjutnya dianalisis menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan bobot kepentingan setiap kriteria yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Bobot kriteria yang diperoleh dari metode AHP kemudian untuk menentukan prioritas strategi perbaikan yang paling efektif dalam mengurangi *Non-Productive Time* (NPT) serta meningkatkan kinerja *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

4.4.1.1 Profil Responden

Penilaian perbandingan berpasangan pada metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam penelitian ini diperoleh melalui kuesioner yang diberikan kepada beberapa responden yang memiliki pengalaman dalam operasi *well intervention*. Responden dipilih berdasarkan kompetensi dan keterlibatan langsung dalam kegiatan perencanaan maupun pelaksanaan operasi *well intervention* sehingga diharapkan dapat memberikan penilaian yang objektif terhadap alternatif strategi perbaikan yang diusulkan.

Tabel 4. 18 Profil Responden

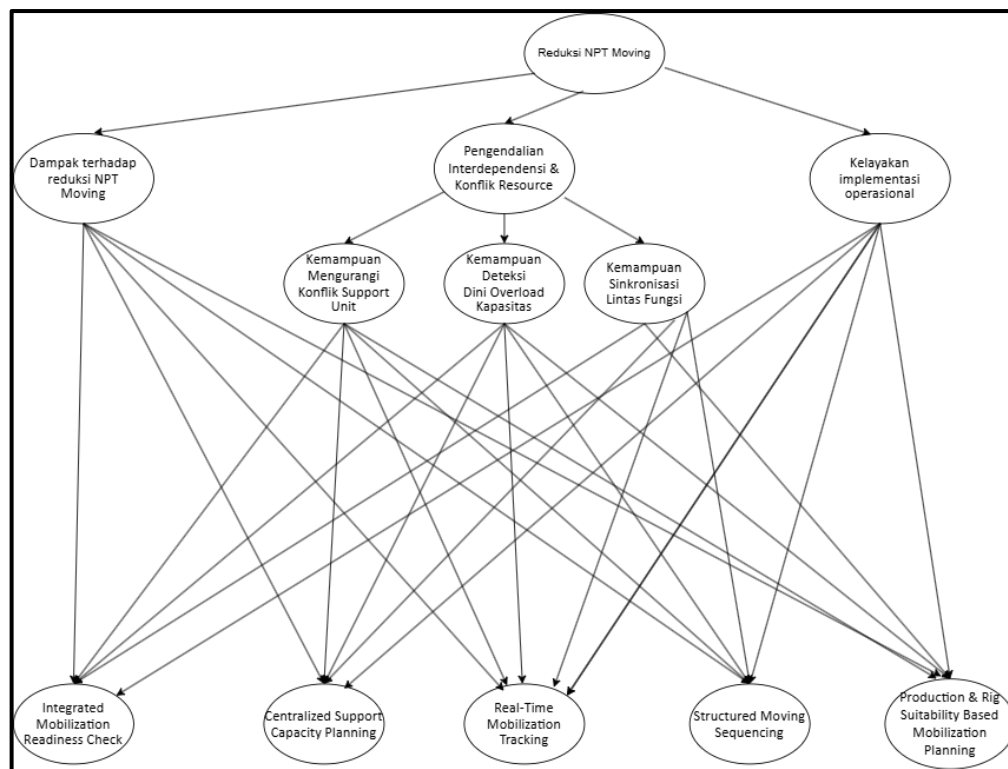
Keterangan	Nama	Jabatan	Pengalaman	Peran dalam Operasi
Responden 1	Diles Parel	Senior Engineer Well Completion/ <i>Well intervention</i>	20 Tahun	<i>Well intervention Planning</i>
Responden 2	Fakihatu Abdi Firlana	Junior Completion Enginner	2 tahun	<i>Execution & Monitoring</i>
Responden 3	Jefri Febrianto	Completion Engineer	12 Tahun	<i>Operation Supervision</i>

4.4.1.2 AHP *Moving*

Pada kategori *Moving*, metode AHP digunakan untuk menentukan bobot kepentingan kriteria dan sub-kriteria dalam pemilihan strategi perbaikan yang bertujuan mengurangi

Non-Productive Time (NPT) pada aktivitas *moving*. Kriteria, sub-kriteria, dan alternatif strategi perbaikan yang digunakan pada kategori ini disusun berdasarkan hasil diskusi dengan Senior Engineer dan Engineer Completion yang memiliki pengalaman dalam operasi *well intervention*. Hasil pembobotan kriteria tersebut kemudian untuk menentukan prioritas strategi perbaikan pada aktivitas *moving*.

Struktur hierarki keputusan pada metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk kategori *moving* terdiri dari tujuan, kriteria, sub-kriteria, dan alternatif strategi perbaikan. Hierarki ini digunakan sebagai dasar dalam proses penentuan bobot kepentingan setiap kriteria dalam pemilihan strategi perbaikan yang paling efektif untuk mengurangi *Non-Productive Time* (NPT) pada aktivitas *moving*.



Gambar 4. 11 AHP Moving

Berdasarkan struktur hierarki pada Gambar 4.11, tujuan utama dalam analisis ini adalah menentukan strategi perbaikan yang paling efektif untuk mengurangi *Non-Productive Time* (NPT) pada aktivitas *moving*. Pada tingkat kedua terdapat kriteria yang digunakan sebagai dasar penilaian dalam proses pengambilan keputusan, yaitu dampak terhadap reduksi NPT *moving*, pengendalian interdependensi dan konflik *Resource*, serta kelayakan implementasi operasional.

Selanjutnya, pada tingkat ketiga terdapat sub-kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi setiap alternatif strategi perbaikan secara lebih spesifik, yaitu kemampuan

mengurangi konflik support unit, kemampuan deteksi dini *Overload* kapasitas, serta kemampuan sinkronisasi lintas fungsi. Pada tingkat terakhir terdapat beberapa alternatif strategi perbaikan yang akan dianalisis menggunakan metode AHP untuk menentukan bobot kepentingan setiap kriteria sebelum dilanjutkan ke perankingan.

Setelah struktur hierarki keputusan ditentukan, langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) antar kriteria menggunakan skala kepentingan Saaty (1–9). Penilaian ini diperoleh berdasarkan hasil kuesioner yang diisi oleh responden yang memiliki pengalaman dalam operasi *well intervention*. Hasil perbandingan berpasangan antar kriteria pada kategori *moving* disajikan pada Tabel berikut.

- Responden 1

Tabel 4. 19 Hasil Perbandingan Berpasangan kategori *Moving* Responden 1

Kemudahan Implementasi Operasional (Implementation Feasibility)	Pengendalian Interdependensi & Konflik Resource	Dampak Terhadap Penurunan NPT (Impact on Downtime Reduction)	Kemudahan Implementasi Operasional (Implementation Feasibility)	Pengendalian Interdependensi & Konflik Resource	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
					Total Weight Matrix	eugen vector	Perkalian Matriks	Eugen Value	$\Delta maks$	CI	IR	CR
3.00	5.00	0.6522	0.7059	0.5000	1.8581	0.6194	1.9541	3.1551	3.0867	0.0433	0.5800	0.0747
1.00	4.00	0.2174	0.2353	0.4000	0.8527	0.2842	0.8764	3.0833				
0.25	1.00	0.1304	0.0588	0.1000	0.2893	0.0964	0.2913	3.0217				
4.25	10	1.0000	1.0000	1.0000	3.0000	1.0000	3.1218	9.2601				

- Responden 2

Tabel 4. 20 Hasil Perbandingan Berpasangan kategori *Moving* Responden 2

Kriteria	Dampak Terhadap Penurunan NPT (Impact on Downtime Reduction)	Kemudahan Implementasi Operasional (Implementation Feasibility)	Pengendalian Interdependensi & Konflik Resource	Dampak Terhadap Penurunan NPT (Impact on Downtime Reduction)	Kemudahan Implementasi Operasional (Implementation Feasibility)	Pengendalian Interdependensi & Konflik Resource	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
							Total Weight Matrix	eugen vector	Perkalian Matriks	Eugen Value	$\Delta maks$	CI	IR	CR
Dampak Terhadap Penurunan NPT (Impact on Downtime Reduction)	1.00	3.00	7.00	0.6774	0.6667	0.7000	2.0441	0.6814	2.0478	3.0054	3.0026	0.0013	0.5800	0.0023
Kemudahan Implementasi Operasional (Implementation Feasibility)	0.33	1.00	2.00	0.2258	0.2222	0.2000	0.6480	0.2160	0.6484	3.0017				

Kriteria	Dampak Terhadap Penurunan NPT (Impact on Downtime Reduction)	Kemudahan Implementasi Operasional (Implementation Feasibility)	Pengendalian Interdependensi & Konflik Resource	Dampak Terhadap Penurunan NPT (Impact on Downtime Reduction)	Kemudahan Implementasi Operasional (Implementation Feasibility)	Pengendalian Interdependensi & Konflik Resource	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
							Total Weight Matrix	eugen vector	Perkalian Matriks	Eugen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
si Operasional (Implementation Feasibility) Pengendalian Interdependensi & Konflik Resource														
Total	0.14	0.50	1.00	0.0968	0.1111	0.1000	0.3079	0.1026	0.3080	3.0008				
	1.476190476	4.5	10	1.0000	1.0000	1.0000	3.0000	1.0000	3.0041	9.0079				

- Responden 3

Tabel 4. 21 Hasil Perbandingan Berpasangan kategori *Moving* Responden

Kriteria	Dampak Terhadap Penurunan NPT (<i>Impact on Downtime Reduction</i>)	Kemudahan Implementasi Operasional (<i>Implementation Feasibility</i>)	Pengendalian Interdependensi & Konflik <i>Resource</i>	Dampak Terhadap Penurunan NPT (<i>Impact on Downtime Reduction</i>)	Kemudahan Implementasi Operasional (<i>Implementation Feasibility</i>)	Pengendalian Interdependensi & Konflik <i>Resource</i>	1	2	3	4 = 3/2	5 = <i>Sum 4/Sum 1</i>	6 = (5 - <i>Sum 1</i>)/(<i>Sum 1</i> - 1)	7	8 = 6/7
							Total Weight Matrix	Eugen vector	Perkalian Matriks	Eugen Value	λ maks	CI	IR	CR
Dampak Terhadap Penurunan NPT (<i>Impact on Downtime Reduction</i>)	1.00	5.00	9.00	0.7627	0.7692	0.7500	2.2819	0.7606	2.2841	3.0028				
Kemudahan Implementasi Operasional (<i>Implementation Feasibility</i>)	0.20	1.00	2.00	0.1525	0.1538	0.1667	0.4731	0.1577	0.4731	3.0006	3.0012	0.0006	0.5800	0.0011
Pengendalian Interdependensi & Konflik <i>Resource</i>	0.11	0.50	1.00	0.0847	0.0769	0.0833	0.2450	0.0817	0.2450	3.0003				
Total	1.3111111	6.5	12	1.0000	1.0000	1.0000	3.0000	1.0000	3.0023	9.0037				

Selanjutnya dilakukan perbandingan berpasangan pada tingkat sub-kriteria menggunakan metode AHP untuk menentukan bobot kepentingan masing-masing sub-kriteria. Hasil perhitungan perbandingan berpasangan sub-kriteria disajikan pada Tabel berikut.

- Responden 1

Tabel 4. 22 Perhitungan perbandingan berpasangan sub-kriteria Responden 1

Sub Kriteria	Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	Kemampuan Sinkronisasi Lintas Fungsi	Kemampuan Deteksi Dini Overload Kapasitas	Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	Kemampuan Sinkronisasi Lintas Fungsi	Kemampuan Deteksi Dini Overload Kapasitas	1 Total Weight Matrix	2 eigen vector	3 Perkalian Matriks	4 = 3/2 Eigen Value	5 = Sum 4/Sum 1 λ_{maks}	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1) CI	7 IR	8 = 6/7 CR
Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	1	7	1.00	0.4667	0.5385	0.4545	1.4597	0.4866	1.4690	3.0192				
Kemampuan Sinkronisasi Lintas Fungsi	1/7	1	0.20	0.0667	0.0769	0.0909	0.2345	0.0782	0.2347	3.0030	3.0126	0.0063	0.5800	0.0109
Kemampuan Deteksi Dini Overload Kapasitas	1	5	1	0.4667	0.3846	0.4545	1.3058	0.4353	1.3127	3.0157				
Total	2.1	13.0	2.2	1.0	1.0	1.0	3.0	1.0	3.0	9.0				

- Responden 2

Tabel 4. 23 Perhitungan perbandingan berpasangan sub-kriteria Responden 2

Sub Kriteria	Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	Kemampuan Sinkronisasi Lintas Fungsi	Kemampuan Deteksi Dini Overload Kapasitas	Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	Kemampuan Sinkronisasi Lintas Fungsi	Kemampuan Deteksi Dini Overload Kapasitas	1 Total Weight Matrix	2 eigen vector	3 Perkalian Matriks	4 = 3/2 Eigen Value	5 = Sum 4/Sum 1 λ_{maks}	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1) CI	7 IR	8 = 6/7 CR
Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	1	3	3.00	0.6000	0.5000	0.6667	1.7667	0.5889	1.8222	3.0943				
Kemampuan Sinkronisasi Lintas Fungsi	1/3	1	0.50	0.2000	0.1667	0.1111	0.4778	0.1593	0.4815	3.0233	3.0539	0.0270	0.5800	0.0465
Kemampuan Deteksi Dini Overload Kapasitas	1/3	2	1	0.2000	0.3333	0.2222	0.7556	0.2519	0.7667	3.0441				
Total	1.7	6.0	4.5	1.0	1.0	1.0	3.0	1.0	3.1	9.2				

- Responden 3

Tabel 4. 24 Perhitungan perbandingan berpasangan sub-kriteria Responden 3

Sub Kriteria	Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	Kemampuan Sinkronisasi Lintas Fungsi	Kemampuan Deteksi Dini Overload Kapasitas	Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	Kemampuan Sinkronisasi Lintas Fungsi	Kemampuan Deteksi Dini Overload Kapasitas	1 Total Weight Matrix	2 eigen vector	3 Perkalian Matriks	4 = 3/2 Eigen Value	5 = Sum 4/Sum 1 λ_{maks}	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1) CI	7 IR	8 = 6/7 CR
Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	1	5	2.00	0.5882	0.5556	0.6000	1.7438	0.5813	1.7475	3.0064				
Kemampuan Sinkronisasi Lintas Fungsi	1/5	1	0.33	0.1176	0.1111	0.1000	0.3288	0.1096	0.3289	3.0012	3.0037	0.0018	0.5800	0.0032
Kemampuan Deteksi Dini Overload Kapasitas	1/2	3	1	0.2941	0.3333	0.3000	0.9275	0.3092	0.9285	3.0035				
Total	1.7	9.0	3.3	1.0	1.0	1.0	3.0	1.0	3.0	9.0				

Setelah diperoleh bobot kriteria menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan berpasangan antar alternatif strategi perbaikan terhadap masing-masing kriteria. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat preferensi setiap alternatif dalam memenuhi kriteria yang telah ditetapkan. Penilaian dilakukan menggunakan skala kepentingan Saaty (1–9) berdasarkan hasil penilaian responden yang memiliki pengalaman dalam operasi *well intervention*. Hasil perbandingan berpasangan antar alternatif terhadap kriteria disajikan pada Tabel berikut.

- Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria Dampak Terhadap Penurunan NPT (*Impact on Downtime Reduction*)
 - Responden 1

Tabel 4. 25 Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria

Dampak Terhadap Penurunan NPT (<i>Impact on Downtime Reduction</i>)	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	Eugen vector	Perkalian Matriks	Eugen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
Integrated Mobility Readiness Check	1.00	0.50	0.25	1.00	0.50	0.1000	0.1111	0.0968	0.1111	0.0833	0.5023	0.1005	0.5088	5.0642				
Centralized Support Capacity Planning	2.00	1.00	0.50	2.00	2.00	0.2000	0.2222	0.1935	0.2222	0.3333	1.1713	0.2343	1.1963	5.1065	5.0686	0.0171	1.1200	0.0153
Real-Time Mobilization Tracking	4.00	2.00	1.00	3.00	2.00	0.4000	0.4444	0.3871	0.3333	0.3333	1.8982	0.3796	1.9282	5.0790				

Structu red Movin g Sequen cing Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng	1.00	0.50	0.33	1.00	0.50	0.1000	0.111 1	0.1290	0.111 1	0.0833	0.5 346	0.1 069	0.540 4	5.05 45
	2.00	0.50	0.50	2.00	1.00	0.2000	0.111 1	0.1935	0.222 2	0.1667	0.8 935	0.1 787	0.900 4	5.03 85
Total	10	4.5	2.5833 33333	9	6.00	1.0000	1.000 0	1.0000	1.000 0	1.0000	5.0 000	1.0 000	5.074 1	25.3 428

○ Responden 2

Tabel 4. 26 Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria 2

Dampa k Terhad ap Penuru nan NPT (Impac t on Downti me Reduct ion)	<i>Integra ted Mobili zation Readin ess Check</i>	<i>Centr alized Suppo rt Capaci ty Planni ng</i>	<i>Real- Time Mobiliz ation Tracki ng</i>	<i>Struct ured Movin g Seque ncing</i>	<i>Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng</i>	<i>Integra ted Mobili zation Readin ess Check</i>	<i>Centr alized Suppo rt Capaci ty Planni ng</i>	<i>Real- Time Mobili zation Tracki ng</i>	<i>Struct ured Movin g Seque ncing</i>	<i>Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng</i>	1	2	3	4 = 3/2	5 = <i>Sum</i> 4/ <i>Sum</i> 1	6 = (5 - <i>Sum</i> 1)/(<i>Sum</i> 1- 1)	7	8 = 6/7
											Tot al Wei ght Mat rix	<i>eug en vect or</i>	Perk alian Matr iks	<i>Eug en Val ue</i>	<i>κ maks</i>	CI	IR	CR
<i>Integra ted Mobili zation</i>	1.00	0.50	0.33	2.00	0.50	0.1176	0.111 1	0.1250	0.200 0	0.0833	0.6 371	0.1 274	0.647 0	5.07 78	5.1306	0.0326	1.1 200	0.0 291

<i>Readiness</i>														
<i>Check</i>														
<i>Centralized</i>														
<i>Support</i>														
<i>Capacity</i>	2.00	1.00	0.50	2.00	2.00	0.2353	0.2222	0.1875	0.2000	0.3333	1.1783	0.2357	1.2226	5.1878
<i>Planning</i>														
<i>Real-Time</i>														
<i>Mobilization</i>	3.00	2.00	1.00	3.00	2.00	0.3529	0.4444	0.3750	0.3000	0.3333	1.8057	0.3611	1.8619	5.1556
<i>Tracking</i>														
<i>Structured</i>														
<i>Moving</i>	0.50	0.50	0.33	1.00	0.50	0.0588	0.1111	0.1250	0.1000	0.0833	0.4783	0.0957	0.4876	5.0979
<i>Sequencing</i>														
<i>Production & Rig</i>														
<i>Suitability</i>														
<i>Based</i>														
<i>Mobilization</i>	2.00	0.50	0.50	2.00	1.00	0.2353	0.1111	0.1875	0.2000	0.1667	0.9006	0.1801	0.9247	5.1338
<i>Planning</i>														
Total	8.5	4.5	2.666666667	10	6.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	5.0000	1.0000	5.1438	25.6529

○ Responden 3

Tabel 4. 27 Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria 3

Dampak Terhadap Penurunan NPT (Impact on Downtime Reduction)	Integrated Mobilization Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	Integrated Mobilization Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	Weight	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
Integrated Mobilization Readiness Check Centralized Support Capacity Planning Real-Time Mobilization Tracking Structured Moving	1.00	1.00	0.33	2.00	0.50	0.1333	0.2000	0.1250	0.2000	0.0833	0.7417	0.1483	0.7618	5.1358	5.1747	0.0437	1.1200	0.0390
	1.00	1.00	0.50	2.00	2.00	0.1333	0.2000	0.1875	0.2000	0.3333	1.0542	0.2108	1.0983	5.2095				
	3.00	2.00	1.00	3.00	2.00	0.4000	0.4000	0.3750	0.3000	0.3333	1.8083	0.3617	1.8817	5.2028				
	0.50	0.50	0.33	1.00	0.50	0.0667	0.1000	0.1250	0.1000	0.0833	0.4750	0.0950	0.4872	5.1287				

Sequencing Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	2.00	0.50	0.50	2.00	1.00	0.2667	0.100 0	0.1875	0.200 0	0.1667	0.9 208	0.1 842	0.957 1	5.19 68
Total	7.5	5	2.6666 66667	10	6.00	1.0000	1.000 0	1.0000	1.000 0	1.0000	5.0 000	1.0 000	5.186 1	25.8 735

- Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria Kemudahan Implementasi Operasional (*Implementation Feasibility*)
 - Responden 1

Tabel 4. 28 Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria Kemudahan Implementasi Operasional 1

Kemuda han Impleme ntasi Operasio nal (Impleme ntation Feasibili ty)	<i>Integra ted Mobili zation Readin ess Check</i>	<i>Centr alized Suppo rt Capac ity Planni ng</i>	<i>Real- Time Mobili zation Tracki ng</i>	<i>Struct ured Movin g Seque ncing</i>	<i>Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng</i>	<i>Integra ted Mobili zation Readin ess Check</i>	<i>Centr alized Suppo rt Capac ity Planni ng</i>	<i>Real- Time Mobili zation Tracki ng</i>	<i>Struct ured Movin g Seque ncing</i>	<i>Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng</i>	1	2	3	4 = 3/2	5 = <i>Sum</i> 4/ <i>Sum</i> 1	6 = (5 - <i>Sum</i> 1)/(<i>Sum</i> 1- 1)	7	8 = 6/7
											Tot al Wei ght Mat rix	<i>eug en vec tor</i>	Perk alian Matr iks	<i>Eug en Val ue</i>	Δ maks	CI	IR	CR
<i>Integrate d Mobiliza tion Readines s Check Centraliz ed Support Capacity Planning Real- Time Mobiliza tion Tracking Structure d Moving Sequenci ng Producti on & Rig Suitabilit</i>	1.00	0.25	0.25	0.33	3.00	0.0811	0.044 8	0.0968	0.080 0	0.2308	0.5 334	0.1 067	0.556 1	5.21 26				
	4.00	1.00	0.50	0.50	3.00	0.3243	0.179 1	0.1935	0.120 0	0.2308	1.0 477	0.2 095	1.164 5	5.55 72				
															5.3680	0.0920	1.1 200	0.0 821
	4.00	2.00	1.00	2.00	3.00	0.3243	0.358 2	0.3871	0.480 0	0.2308	1.7 804	0.3 561	1.931 8	5.42 52				
	3.00	2.00	0.50	1.00	3.00	0.2432	0.358 2	0.1935	0.240 0	0.2308	1.2 658	0.2 532	1.393 9	5.50 63				
	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00	0.0270	0.059 7	0.1290	0.080 0	0.0769	0.3 727	0.0 745	0.383 0	5.13 87				

Kemudahan Implementasi Operasional (Implementasi Feasibility)	Integrated Mobilization Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	Integrated Mobilization Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
Total	12.33	5.58	2.58	4.17	13.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	5.0000	1.0000	5.4294	26.8400				

o Responden 2

Tabel 4. 29 Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria Kemudahan Implementasi Operasional 2

Kemudahan Implementasi Operasional (Implementasi Feasibility)	Integrated Mobilization Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	Integrated Mobilization Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
Integrated Mobilization Readiness Check Centralized Support Capacity Planning	1.00	0.33	0.25	0.50	3.00	0.0968	0.0571	0.0968	0.1111	0.2727	0.6345	0.1269	0.6646	5.2373				
															5.3378	0.0845	1.1200	0.0754
	3.00	1.00	0.50	0.50	2.00	0.2903	0.1714	0.1935	0.1111	0.1818	0.9482	0.1896	1.0468	5.5197				

Kemuda han Impleme ntasi Operasio nal (Impleme ntation Feasibili ty)	<i>Integra ted Mobili zation Readin ess Check</i>	<i>Centr alized Suppo rt Capac ity Planni ng</i>	<i>Real- Time Mobili zation Tracki ng</i>	<i>Struct ured Movin g Seque ncing</i>	<i>Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng</i>	<i>Integra ted Mobili zation Readin ess Check</i>	<i>Centr alized Suppo rt Capac ity Planni ng</i>	<i>Real- Time Mobili zation Tracki ng</i>	<i>Struct ured Movin g Seque ncing</i>	<i>Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng</i>	1	2	3	4 = 3/2	5 = <i>Sum</i> 4/ <i>Sum</i> 1	6 = (5 - <i>Sum</i> 1)/(<i>Sum</i> 1- 1)	7	8 = 6/7
											Tot al Wei ght Mat rix	<i>eug en vec tor</i>	Perk alian Matr iks	<i>Eug en Val ue</i>	<i>Δ maks</i>	CI	IR	CR
<i>Real- Time Mobiliza tion Tracking Structure d Moving Sequenci ng Producti on & Rig Suitabilit y Based Mobiliza tion Planning</i>	4.00	2.00	1.00	2.00	3.00	0.3871	0.342 9	0.3871	0.444 4	0.2727	1.8 342	0.3 668	1.976 8	5.38 86				
	2.00	2.00	0.50	1.00	2.00	0.1935	0.342 9	0.1935	0.222 2	0.1818	1.1 340	0.2 268	1.222 9	5.39 22				
	0.33	0.50	0.33	0.50	1.00	0.0323	0.085 7	0.1290	0.111 1	0.0909	0.4 490	0.0 898	0.462 6	5.15 13				
Total	10.33	5.83	2.58	4.50	11.00	1.0000	1.000 0	1.0000	1.000 0	1.0000	5.0 000	1.0 000	5.373 8	26.6 891				

o Responden 3

Tabel 4. 30 Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria Kemudahan Implementasi Operasional 3

Kemudahan Implementasi Operasional (Implementasi Feasibility)	Integrated Mobilization Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	Integrated Mobilization Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
Integrated Mobilization Readiness Check	1.00	0.33	0.50	0.50	2.00	0.1176	0.0571	0.1765	0.1154	0.1818	0.6485	0.1297	0.6606	5.0935				
Centralized Support Capacity Planning	3.00	1.00	0.50	0.50	2.00	0.3529	0.1714	0.1765	0.1154	0.1818	0.9980	0.1996	1.0530	5.2755				
Real-Time Mobilization Tracking	2.00	2.00	1.00	2.00	3.00	0.2353	0.3429	0.3529	0.4615	0.2727	1.6654	0.3331	1.7529	5.2629	5.2234	0.0559	1.1200	0.0499
Structured Moving Sequencing	2.00	2.00	0.50	1.00	3.00	0.2353	0.3429	0.1765	0.2308	0.2727	1.2581	0.2516	1.3348	5.3046				
Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	0.50	0.50	0.33	0.33	1.00	0.0588	0.0857	0.1176	0.0769	0.0909	0.4300	0.0860	0.4456	5.1806				

Kemuda han Impleme ntasi Operasio nal (Impleme ntation Feasibili ty)	<i>Integra ted Mobili zation Readin ess Check</i>	<i>Centr alized Suppo rt Capac ity Planni ng</i>	<i>Real- Time Mobili zation Tracki ng</i>	<i>Struct ured Movin g Seque ncing</i>	<i>Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng</i>	<i>Integra ted Mobili zation Readin ess Check</i>	<i>Centr alized Suppo rt Capac ity Planni ng</i>	<i>Real- Time Mobili zation Tracki ng</i>	<i>Struct ured Movin g Seque ncing</i>	<i>Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng</i>	1	2	3	4 = 3/2	5 = <i>Sum</i> 4/ <i>Sum</i> 1	6 = (5 - <i>Sum</i> 1)/(<i>Sum</i> 1- 1)	7	8 = 6/7
											Tot al Wei ght Mat rix	<i>eug en vec tor</i>	Perk alian Matr iks	<i>Eug en Val ue</i>	<i>Δ maks</i>	CI	IR	CR
Total	8.50	5.83	2.83	4.33	11.00	1.0000	1.0000 0	1.0000	1.0000 0	1.0000	5.0 000	1.0 000	5.246 9	26.1 172				

Setelah dilakukan perbandingan berpasangan antar alternatif terhadap setiap kriteria, langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan berpasangan antar alternatif terhadap masing-masing sub-kriteria menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Analisis ini bertujuan untuk mengetahui tingkat preferensi setiap alternatif strategi perbaikan dalam memenuhi sub-kriteria yang telah ditetapkan. Hasil perhitungan perbandingan berpasangan antar alternatif terhadap sub-kriteria disajikan pada Tabel berikut.

- Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap sub kriteria Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit
 - Responden 1

Tabel 4. 31 Sub Kriteria Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit

Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobility Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobility Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	eugen vector	Perkalian Matriks	Eugen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
Integrated Mobility Readiness Check Centralized Support Capacity Planning Real-Time Mobility Tracking Structured Moving	1.00	0.33	0.25	0.33	3.00	0.0882	0.0597	0.0968	0.0800	0.2143	0.5390	0.1078	0.5645	5.2363	5.3141	0.0785	1.1200	0.0701
	3.00	1.00	0.50	0.50	4.00	0.2647	0.1791	0.1935	0.1200	0.2857	1.0431	0.2086	1.1221	5.3786				
	4.00	2.00	1.00	2.00	3.00	0.3529	0.3582	0.3871	0.4800	0.2143	1.7925	0.3585	1.9280	5.3779				
	3.00	2.00	0.50	1.00	3.00	0.2647	0.3582	0.1935	0.2400	0.2143	1.2707	0.2541	1.3868	5.4567				

Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobility Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobility Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	even vector	Perkalian Matrics	Eugene Value	Amaks	CI	IR	CR
Sequencing Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	0.33	0.25	0.33	0.33	1.00	0.0294	0.0448	0.1290	0.0800	0.0714	0.3546	0.0709	0.3632	5.1211				
Total	11.33	5.58	2.58	4.17	14.00	1.0000	0	1.0000	0	1.0000	000	000	6	706				

○ Responden 2

Tabel 4. 32 Sub Kriteria Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit 2

Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	Integrated Mobilization Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	Integrated Mobilization Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	Eugen vector	Perkalian Matriks	Eugen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
Integrated Mobilization Readiness Check	1.00	0.33	0.33	0.33	3.00	0.0968	0.0506	0.1250	0.0833	0.2143	0.5700	0.1140	0.5960	5.2278	5.4098	0.1024	1.1200	0.0915
Centralized Support Capacity	3.00	1.00	0.50	0.33	4.00	0.2903	0.1519	0.1875	0.0833	0.2857	0.9988	0.1998	1.0833	5.4231				

Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobility Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobility Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	even vector	Perkalian Matriks	Even Value	Amaks	CI	IR	CR
Planning																		
Real-Time Mobility Tracking Structured Moving Sequencing Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	3.00	2.00	1.00	2.00	3.00	0.2903	0.3038	0.3750	0.5000	0.2143	1.6834	0.3367	1.8473	5.4869				
	3.00	3.00	0.50	1.00	3.00	0.2903	0.4557	0.1875	0.2500	0.2143	1.3978	0.2796	1.5992	5.7203				
	0.33	0.25	0.33	0.33	1.00	0.0323	0.0380	0.1250	0.0833	0.0714	0.3500	0.0700	0.3634	5.1908				
Total	10.33	6.58	2.67	4.00	14.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	5.0000	1.0000	5.4891	27.0490				

○ Responden 3

Tabel 4. 33 Sub Kriteria Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit 3

Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobility Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobility Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	Weight	Perkalian Matriks	Eugen Value	4 maks	CI	IR	CR
Integrated Mobility Readiness Check Centralized Support Capacity Planning Real-Time Mobility Tracking Structured Moving Sequencing	1.00	0.50	0.33	0.50	2.00	0.1176	0.1034	0.1250	0.1034	0.1667	0.6162	0.1232	0.6230	5.0548				
											1.0866	0.2173	1.1047	5.0835	5.0721	0.0180	1.1200	0.0161
											1.8055	0.3611	1.8432	5.1042				
											1.0866	0.2173	1.1047	5.0835				

Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobility Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobility Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	even vector	Perkalian Matriks	Even Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	0.50	0.33	0.33	0.33	1.00	0.0588	0.0690	0.1250	0.0690	0.0833	0.4051	0.0810	0.4079	5.0345				
Total	8.50	4.83	2.67	4.83	12.00	1.0000	0	1.0000	0	1.0000	5.0000	1.0000	5.0835	25.3604				

- Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap sub kriteria Sinkronisasi Lintas Fungsi
 - Responden 1

Tabel 4. 34 sub kriteria Sinkronisasi Lintas Fungsi 1

Kemampuan Sinkronisasi Lintas Fungsi	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobility Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobility Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	Eugen vector	Perkalian Matriks	Eugen Value	λ maks	CI	IR	CR
Integrated Mobility Readiness Check Centralized Support Capacity Planning Real-Time Mobility Tracking Structured Moving	1.00	2.00	2.00	3.00	3.00	0.3750	0.3158	0.3077	0.3000	0.5000	1.7985	0.3597	1.9476	5.4145				
	0.50	1.00	1.00	3.00	0.50	0.1875	0.1579	0.1538	0.3000	0.0833	0.8826	0.1765	0.9271	5.2524	5.3444	0.0861	1.1200	0.0769
	0.50	1.00	1.00	2.00	0.50	0.1875	0.1579	0.1538	0.2000	0.0833	0.7826	0.1565	0.8229	5.2575				
	0.33	0.33	0.50	1.00	1.00	0.1250	0.0526	0.0769	0.1000	0.1667	0.5212	0.1042	0.5643	5.4129				

Kema mpuan Sinkro nisasi Lintas Fungsi	<i>Integra ted Mobili zation Readin ess Check</i>	<i>Centr alized Suppo rt Capac ity Planni ng</i>	<i>Real- Time Mobili zation Tracki ng</i>	<i>Struct ured Movin g Seque ncing</i>	<i>Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng</i>	<i>Integra ted Mobili zation Readin ess Check</i>	<i>Centr alized Suppo rt Capac ity Planni ng</i>	<i>Real- Time Mobili zation Tracki ng</i>	<i>Struct ured Movin g Seque ncing</i>	<i>Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng</i>	1	2	3	4 = 3/2	5 = <i>Sum</i> 4/ <i>Sum</i> 1	6 = (5 - <i>Sum</i> 1)/(<i>Sum</i> 1- 1)	7	8 = 6/7
											Tot al Wei ght Mat rix	<i>eug en vect or</i>	Perk alian Matr iks	<i>Eug en Val ue</i>	<i>Amaks</i>	CI	IR	CR
Sequen cing <i>Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng</i>																		
	0.33	2.00	2.00	1.00	1.00	0.1250	0.315 8	0.3077	0.100 0	0.1667	1.0 151	0.2 030	1.093 2	5.38 46				
Total	2.67	6.33	6.50	10.00	6.00	1.0000	1.000 0	1.0000	1.000 0	1.0000	5.0 000	1.0 000	5.355 1	26.7 220				

- Responden 2

Tabel 4. 35 sub kriteria Sinkronisasi Lintas Fungsi 2

Kema mpuan Sinkro nisasi Lintas Fungsi	Integra ted Mobili zation Readin ess Check	Centra lized Suppo rt Capaci ty Planni ng	Real- Time Mobili zation Tracki ng	Struct ured Movin g Sequen cing	Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng	Integra ted Mobili zation Readin ess Check	Centra lized Suppo rt Capaci ty Planni ng	Real- Time Mobili zation Tracki ng	Struct ured Movin g Sequen cing	Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng	1	2	3	4 =	5 = Sum	6 = (5 - Sum	7	8 =
											Tot al Wei ght Mat rix	eug en vect or	Perk alian Matr iks	Eug en Val ue	4/Sum 1	1)/(Sum 1- 1)	IR	CR
Integra ted Mobili zation Readin ess Check Centra lized Suppor t Capaci ty Planni ng Real- Time Mobili zation Tracki ng Structu red Movin g Sequen cing	1.00	0.50	0.50	0.33	0.25	0.1111	0.103 4	0.1000	0.045 5	0.0769	0.4 369	0.0 874	0.427 0	4.88 67				
	0.50	1.00	1.00	3.00	0.50	0.0556	0.206 9	0.2000	0.409 1	0.1538	1.0 254	0.2 051	1.164 6	5.67 89	5.1795	0.0449	1.1 200	0.0 401
	0.50	1.00	1.00	2.00	0.50	0.0556	0.206 9	0.2000	0.272 7	0.1538	0.8 890	0.1 778	0.975 3	5.48 55				
	3.00	0.33	0.50	1.00	1.00	0.3333	0.069 0	0.1000	0.136 4	0.3077	0.9 464	0.1 893	0.949 2	5.01 48				

											1	2	3	4 = 3/2	5 = <i>Sum</i> 4/ <i>Sum</i> 1	6 = (5 - <i>Sum</i> 1)/(<i>Sum</i> 1- 1)	7	8 = 6/7
Kema mpuan Sinkro nisasi Lintas Fungsi	<i>Integra ted Mobili zation Readin ess Check</i>	<i>Centr alized Suppo rt Capac ity Planni ng</i>	<i>Real- Time Mobili zation Tracki ng</i>	<i>Struct ured Movin g Seque ncing</i>	<i>Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng</i>	<i>Integra ted Mobili zation Readin ess Check</i>	<i>Centr alized Suppo rt Capac ity Planni ng</i>	<i>Real- Time Mobili zation Tracki ng</i>	<i>Struct ured Movin g Seque ncing</i>	<i>Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng</i>	Tot al Wei ght Mat rix	<i>eug en vect or</i>	Perk alian Matr iks	<i>Eug en Val ue</i>	<i>Amaks</i>	CI	IR	CR
<i>Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng</i>							0.413 8	0.4000	0.136 4	0.3077	1.7 023	0.3 405	1.645 0	4.83 18				
Total	9.00	4.83	5.00	7.33	3.25	1.0000	0	1.0000	0	1.0000	5.0 000	1.0 000	5.161 2	25.8 977				

- Responden 3

Tabel 4. 36 sub kriteria Sinkronisasi Lintas Fungsi 3

Kema mpuan Sinkro nisasi Lintas Fungsi	Integra ted Mobili zation Readin ess Check	Centr alized Suppo rt Capaci ty Planni ng	Real- Time Mobili zation Tracki ng	Struct ured Movin g Seque ncing	Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng	Integra ted Mobili zation Readin ess Check	Centr alized Suppo rt Capaci ty Planni ng	Real- Time Mobili zation Tracki ng	Struct ured Movin g Seque ncing	Produc tion & Rig Suitabi lity Based Mobili zation Planni ng	1	2	3	4 =	5 = Sum	6 = (5 - Sum	8 =	
											3/2	4/Sum 1	1)/(Sum 1- 1)	7	6/7			
											Tot	eug	Perk	Eug				
											al	en	alian	en				
											Weih	vect	Matr	Val				
											ght	or	iks	ue				
Mat																		
rix																		
Integra ted Mobili zation Readin ess Check Centra lized Suppor t Capaci ty Planni ng Real- Time Mobili zation Tracki ng Structu red Movin g Sequen cing	1.00	2.00	2.00	2.00	3.00	0.3529	0.400 0	0.4000	0.266 7	0.3000	1.7 196	0.3 439	1.752 9	5.09 69				
	0.50	1.00	1.00	2.00	2.00	0.1765	0.200 0	0.2000	0.266 7	0.2000	1.0 431	0.2 086	1.066 9	5.11 37	5.0880	0.0220	1.1 200	0.0 196
	0.50	1.00	1.00	2.00	2.00	0.1765	0.200 0	0.2000	0.266 7	0.2000	1.0 431	0.2 086	1.066 9	5.11 37				
	0.50	0.50	0.50	1.00	2.00	0.1765	0.100 0	0.1000	0.133 3	0.2000	0.7 098	0.1 420	0.716 3	5.04 56				

Kema mpuan	Integra ted	Centr alized	Real- Time	Struct ured	Produc tion & Rig	Integra ted	Centr alized	Real- Time	Struct ured	Produc tion &		1	2	3	4 =	5 = Sum	6 = (5 - Sum	8 =
Sinkro nisasi	Mobili zation	Support Capacity	Mobilization	Moving Sequence	Rig Suitability Based Mobilization Planning	Mobilization Readiness Check	Support Capacity Planning	Mobilization Tracking	Moving Sequencing	Rig Suitability Based Mobilization Planning	Total Weight Matrix	eugen vector	Perkalian Matriks	Eugen Value	A maks	CI	IR	CR
Lintas Fungsinya	Readiness Check	Planning	Tracking	Sequencing	Planning	Check	Planning	Tracking	Sequencing	Planning								
Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	0.33	0.50	0.50	0.50	1.00	0.1176	0.1000	0.1000	0.0667	0.1000	0.4843	0.0969	0.4911	5.0702				
							1.0000		1.0000		5.0000	1.0	5.0941	25.4				
Total	2.83	5.00	5.00	7.50	10.00	1.0000	0	1.0000	0	1.0000	000	000	1	401				

- Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap sub kriteria Kemampuan Deteksi Dini *Overload* Kapasitas
 - Responden 1

Tabel 4. 37 sub kriteria Kemampuan Deteksi Dini *Overload* Kapasitas 1

Kemampuan Deteksi Dini <i>Overload</i> Kapasitas	<i>Integrated Mobilization Readiness Check</i>	<i>Centralized Support Capacity Planning</i>	<i>Real-Time Mobilization Tracking</i>	<i>Structured Moving Sequencing</i>	<i>Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning</i>	<i>Integrated Mobilization Readiness Check</i>	<i>Centralized Support Capacity Planning</i>	<i>Real-Time Mobilization Tracking</i>	<i>Structured Moving Sequencing</i>	<i>Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning</i>	1	2	3	4 = 3/2	5 = <i>Sum 4/Sum 1</i>	6 = $(5 - \text{Sum 1})/(\text{Sum 1} - 1)$	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	Eugen vector	Perkalian Matriks	Eugen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
<i>Integrated Mobilization Readiness Check</i>	1.00	1.00	2.00	2.00	3.00	0.3000	0.2222	0.4138	0.2500	0.3333	1.5193	0.3039	1.6035	5.2771				
<i>Centralized Support Capacity Planning</i>	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	0.3000	0.2222	0.2069	0.2500	0.1111	1.0902	0.2180	1.1201	5.1371	5.1925	0.0481	1.1200	0.0430
<i>Real-Time Mobilization Tracking</i>	0.50	1.00	1.00	2.00	3.00	0.1500	0.2222	0.2069	0.2500	0.3333	1.1625	0.2325	1.2191	5.2437				
<i>Structured Moving</i>	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	0.1500	0.1111	0.1034	0.1250	0.1111	0.6007	0.1201	0.6228	5.1842				

Kemampuan Deteksi Dini Overload Kapasitas	Integrated Mobilization Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	Integrated Mobilization Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	engineer vector	Perkalian Matriks	Engine Value	Amaks	CI	IR	CR
Sequencing Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	0.33	1.00	0.33	1.00	1.00	0.1000	0.222 2	0.0690	0.125 0	0.1111	0.6 273	0.1 255	0.642 4	5.12 06				
Total	3.3333 33333	4.5	4.8333 33333	8.00	9.00	1.0000	1.000 0	1.0000	1.000 0	1.0000	5.0 000	1.0 000	5.208 0	25.9 627				

○ Responden 2

Tabel 4. 38 sub kriteria Kemampuan Deteksi Dini *Overload* Kapasitas 2

Kemampuan Deteksi Dini <i>Overload</i> Kapasitas	<i>Integrated Mobility Readiness Check</i>	<i>Centralized Support Capacity Planning</i>	<i>Real-Time Mobility Tracking</i>	<i>Structured Moving Sequencing</i>	<i>Production & Rig Suitability Based Mobility Planning</i>	<i>Integrated Mobility Readiness Check</i>	<i>Centralized Support Capacity Planning</i>	<i>Real-Time Mobility Tracking</i>	<i>Structured Moving Sequencing</i>	<i>Production & Rig Suitability Based Mobility Planning</i>	1	2	3	4 = 3/2	5 = <i>Sum 4/Sum 1</i>	6 = (5 - <i>Sum 1</i>)/(<i>Sum 1</i> - 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	<i>eugen vector</i>	Perkalian Matriks	<i>Eugen Value</i>	<i>λ maks</i>	CI	IR	CR
<i>Integrated Mobility Readiness Check Centralized Support Capacity Planning Real-Time Mobility Tracking Structured Moving Sequencing</i>	1.00	1.00	2.00	2.00	0.50	0.2000	0.2222	0.2667	0.2500	0.1304	1.0693	0.2139	1.1504	5.3792				
	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	0.2000	0.2222	0.1333	0.2500	0.2609	1.0664	0.2133	1.1327	5.3109	5.3483	0.0871	1.1200	0.0777
	0.50	1.00	1.00	2.00	0.33	0.1000	0.2222	0.1333	0.2500	0.0870	0.7925	0.1585	0.8381	5.2873				
	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	0.1000	0.1111	0.0667	0.1250	0.2609	0.6636	0.1327	0.7072	5.3279				

Kemampuan Deteksi Dini Overload Kapasitas	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobility Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	Integrated Mobility Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobility Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	even vector	Perkalian Matriks	Even Value	Amaks	CI	IR	CR
Production & Rig Suitability Based Mobility Planning	2.00	1.00	3.00	1.00	1.00	0.4000	0.2222	0.4000	0.1250	0.2609	1.4081	0.2816	1.5309	5.4360				
Total	5	4.5	7.5	8.00	3.83	1.0000	0	1.0000	0	1.0000	5.0000	1.0000	5.3592	26.7413				

○ Responden 3

Tabel 4.39 sub kriteria Kemampuan Deteksi Dini *Overload* Kapasitas 3

Kemampuan Deteksi Dini <i>Overload</i> Kapasitas	<i>Integrated Mobilization Readiness Check</i>	<i>Centralized Support Capacity Planning</i>	<i>Real-Time Mobilization Tracking</i>	<i>Structured Moving Sequencing</i>	<i>Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning</i>	<i>Integrated Mobilization Readiness Check</i>	<i>Centralized Support Capacity Planning</i>	<i>Real-Time Mobilization Tracking</i>	<i>Structured Moving Sequencing</i>	<i>Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning</i>	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	<i>eugen vector</i>	<i>Perkalian Matriks</i>	<i>Eugen Value</i>	<i>α maks</i>	CI	IR	CR
<i>Integrated Mobilization Readiness Check</i>	1.00	1.00	2.00	2.00	4.00	0.3077	0.2500	0.4138	0.2667	0.3333	1.5715	0.3143	1.6145	5.1368				
<i>Centralized Support Capacity Planning</i>	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	0.3077	0.2500	0.2069	0.2667	0.1667	1.1979	0.2396	1.2206	5.0948	5.0942	0.0235	1.1200	0.0210
<i>Real-Time Mobilization Tracking</i>	0.50	1.00	1.00	2.00	3.00	0.1538	0.2500	0.2069	0.2667	0.2500	1.1274	0.2255	1.1477	5.0898				
<i>Structured Moving Sequencing</i>	0.50	0.50	0.50	1.00	2.00	0.1538	0.1250	0.1034	0.1333	0.1667	0.6823	0.1365	0.6945	5.0894				

Kemampuan Deteksi Dini Overload Kapasitas	Integrated Mobilization Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	Integrated Mobilization Readiness Check	Centralized Support Capacity Planning	Real-Time Mobilization Tracking	Structured Moving Sequencing	Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
											Total Weight Matrix	Engineering Vector	Perkalian Matriks	Engineering Value	Amaks	CI	IR	CR
Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	0.25	0.50	0.33	0.50	1.00	0.0769	0.125	0.0690	0.066	0.0833	0.4	0.0	0.425	5.05				
			4.8333				1.000		1.000		209	842	9	99				
Total	3.25	4	33333	7.50	12.00	1.0000	0	1.0000	0	1.0000	5.0	1.0	5.103	25.4				
											000	000	2	708				

Setelah dilakukan perbandingan berpasangan pada tingkat kriteria, sub-kriteria, serta alternatif terhadap masing-masing kriteria dan sub-kriteria menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), langkah selanjutnya adalah menghitung bobot akhir alternatif (*global priority*). Bobot global diperoleh dengan mengalikan bobot alternatif pada setiap sub-kriteria dengan bobot sub-kriteria dan bobot kriteria yang bersangkutan. Nilai bobot global ini menunjukkan tingkat prioritas masing-masing alternatif strategi perbaikan secara keseluruhan dalam mendukung upaya pengurangan *Non-Productive Time* (NPT) pada aktivitas *moving*.

- Perhitungan Bobot Akhir
 - Responden 1

Tabel 4. 40 Perhitungan Bobot Akhir Responden 1

PENGAMBILAN KEPUTUSAN							
Attribute weight	Attribute					Alt. Weight Evaluation	RANK
	Dampak Terhadap Penurunan NPT (<i>Impact on Downtime Reduction</i>)	Pengendalian Interdependensi & Konflik Resource			Kemudahan Implementasi Operasional (<i>Implementation Feasibility</i>)		
	0.6194	0.0964			0.2842		
		Kemampuan Mengurangi Konflik Support Unit	Kemampuan Sinkronisasi Lintas Fungsi	Kemampuan Deteksi Dini Overload Kapasitas			
		0.4866	0.0782	0.4353			
Alternatif							
Integrated Mobilization Readiness Check	0.1005	0.1078	0.3597	0.3039	0.1067	0.113067	5
Centralized Support Capacity Planning	0.2343	0.2086	0.1765	0.2180	0.2095	0.224921	2
Real-Time Mobilization Tracking	0.3796	0.3585	0.1565	0.2325	0.3561	0.364096	1
Structured Moving Sequencing	0.1069	0.2541	0.1042	0.1201	0.2532	0.155924	3
Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning	0.1787	0.0709	0.2030	0.1255	0.0745	0.141993	4
TOTAL						1	

- Responden 2

Tabel 4. 41 Perhitungan Bobot Akhir Responden 2

PENGAMBILAN KEPUTUSAN							
	<i>Attribute</i>					<i>Alt. Weight Evaluation</i>	<i>RANK</i>
	Dampak Terhadap Penurunan NPT (<i>Impact on Downtime Reduction</i>)	Pengendalian Interdependensi & Konflik <i>Resource</i>			Kemudahan Implementasi Operasional (<i>Implementation Feasibility</i>)		
	0.6814	0.1026			0.2160		
<i>Attribute weight</i>		Kemampuan Mengurangi Konflik <i>Support Unit</i>	Kemampuan Sinkronisasi Lintas Fungsi	Kemampuan Deteksi Dini <i>Overload Kapasitas</i>			
		0.5889	0.1593	0.2519			
Alternatif							
<i>Integrated Mobilization Readiness Check</i>	0.1274	0.1140	0.0874	0.2139	0.1269	0.128077	5
<i>Centralized Support Capacity Planning</i>	0.2357	0.1998	0.2051	0.2133	0.1896	0.222479	2
<i>Real-Time Mobilization Tracking</i>	0.3611	0.3367	0.1778	0.1585	0.3668	0.352662	1
<i>Structured Moving Sequencing</i>	0.0957	0.2796	0.1893	0.1327	0.2268	0.137585	4
<i>Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning</i>	0.1801	0.0700	0.3405	0.2816	0.0898	0.159196	3
TOTAL						1	

○ Responden 3

Tabel 4. 42 Perhitungan Bobot Akhir Responden 3

PENGAMBILAN KEPUTUSAN							
	<i>Attribute</i>					<i>Alt. Weight Evaluation</i>	<i>RANK</i>
	Dampak Terhadap Penurunan NPT (<i>Impact on Downtime Reduction</i>)	Pengendalian Interdependensi & Konflik <i>Resource</i>			Kemudahan Implementasi Operasional (<i>Implementation Feasibility</i>)		
	0.7606	0.0817			0.1577		
<i>Attribute weight</i>		Kemampuan Mengurangi Konflik <i>Support Unit</i>	Kemampuan Sinkronisasi Lintas Fungsi	Kemampuan Deteksi Dini <i>Overload Kapasitas</i>			
		0.5813	0.1096	0.3092			
Alternatif							
<i>Integrated Mobilization Readiness Check</i>	0.1483	0.1232	0.3439	0.3143	0.1297	0.150143	4
<i>Centralized Support Capacity Planning</i>	0.2108	0.2173	0.2086	0.2396	0.1996	0.210077	2
<i>Real-Time Mobilization Tracking</i>	0.3617	0.3611	0.2086	0.2255	0.3331	0.352323	1
<i>Structured Moving Sequencing</i>	0.0950	0.2173	0.1420	0.1365	0.2516	0.126971	5
<i>Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning</i>	0.1842	0.0810	0.0969	0.0842	0.0860	0.160485	3
TOTAL						1	

- Rata-rata Pembobotan Akhir

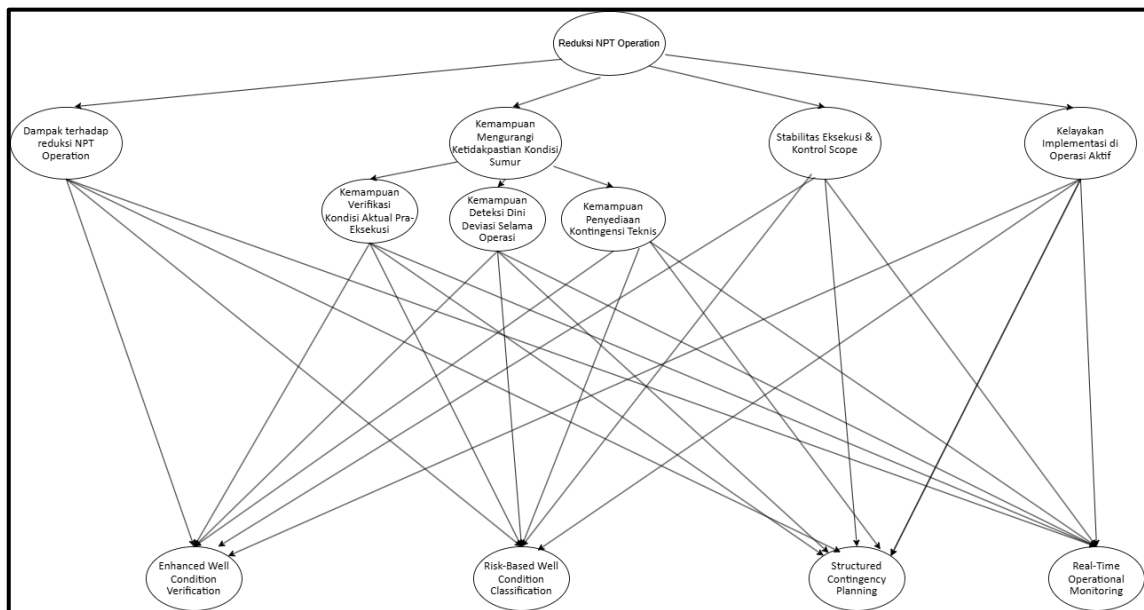
Tabel 4. 43 Rata-rata Pembobotan Akhir

Kriteria	Bobot
<i>Integrated Mobilization Readiness Check</i>	0.1304
<i>Centralized Support Capacity Planning</i>	0.2192
<i>Real-Time Mobilization Tracking</i>	0.3564
<i>Structured Moving Sequencing</i>	0.1402
<i>Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning</i>	0.1539

4.4.1.3 AHP Operation

Setelah dilakukan analisis pada kategori *moving*, tahapan pembobotan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) selanjutnya dilakukan pada kategori *Operation* untuk menentukan prioritas strategi perbaikan dalam mengurangi *Non-Productive Time* (NPT) pada aktivitas operasi *well intervention*.

Struktur hierarki keputusan pada metode AHP untuk kategori *Operation* disusun sebagai dasar dalam menentukan prioritas strategi perbaikan pada aktivitas operasi *well intervention*.



Gambar 4. 12 AHP Operation

Berdasarkan struktur hierarki gambar 4.12, tujuan utama analisis adalah menentukan strategi perbaikan yang paling efektif untuk mengurangi NPT pada aktivitas *Operation*. Pada tingkat kedua terdapat beberapa kriteria yang digunakan sebagai dasar penilaian, yaitu dampak terhadap reduksi NPT *Operation*, stabilitas eksekusi dan kontrol *Scope*, serta kelayakan implementasi di operasi aktif.

Selanjutnya, pada tingkat ketiga terdapat sub-kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi alternatif strategi perbaikan secara lebih spesifik, yaitu kemampuan verifikasi kondisi aktual pra-eksekusi, kemampuan deteksi dini deviasi selama operasi, serta kemampuan penyediaan kontingensi teknis. Pada tingkat terakhir terdapat beberapa alternatif strategi perbaikan yang akan dianalisis menggunakan metode AHP untuk menentukan bobot kepentingan setiap elemen dalam hierarki keputusan.

Setelah struktur hierarki keputusan ditentukan, langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) antar kriteria

menggunakan skala kepentingan Saaty (1–9). Penilaian ini diperoleh berdasarkan hasil kuesioner yang diisi oleh responden yang memiliki pengalaman dalam operasi *well intervention*. Hasil perbandingan berpasangan antar kriteria pada kategori *Operation* disajikan pada tabel berikut.

- Responden 1

Tabel 4. 44 perbandingan berpasangan antar kriteria pada kategori *Operation 1*

Kriteria	Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	Kemampuan Mengurangi Ketidapastian Kondisi Sumur	Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	Kemampuan Mengurangi Ketidapastian Kondisi Sumur	Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	1.00	3.00	5.00	5.00	0.5769	0.6207	0.5357	0.4545	2.1879	0.5470	2.3609	4.3163	4.2571	0.0857	0.9000	0.0952
Kemampuan Mengurangi Ketidapastian Kondisi Sumur	0.33	1.00	3.00	2.00	0.1923	0.2069	0.3214	0.1818	0.9025	0.2256	1.0038	4.4493				
Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	0.20	0.33	1.00	3.00	0.1154	0.0690	0.1071	0.2727	0.5642	0.1411	0.5847	4.1455				
Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	0.20	0.50	0.33	1.00	0.1154	0.1034	0.0357	0.0909	0.3455	0.0864	0.3556	4.1172				
Total	1.733333	4.833333	9.333333	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.3051	17.0284				

- Responden 2

Tabel 4. 45 perbandingan berpasangan antar kriteria pada kategori *Operation 2*

Kriteria	Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	Kemampuan Mengurangi Ketidaktastian Kondisi Sumur	Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	Kemampuan Mengurangi Ketidaktastian Kondisi Sumur	Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1)	7	8 = 6/7
									Tot al Weight Matrix	eug en vect or	Perka lian Matri ks	Eug en Valu e	$\Delta maks$	CI	IR	CR
Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	1.00	3.00	4.00	4.00	0.5455	0.6000	0.5333	0.4444	2.1232	0.5308	2.1899	4.1256	4.0821	0.0274	0.9000	0.0304
Kemampuan Mengurangi Ketidaktastian Kondisi Sumur	0.33	1.00	2.00	2.00	0.1818	0.2000	0.2667	0.2222	0.8707	0.2177	0.8976	4.1237				
Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	0.25	0.50	1.00	2.00	0.1364	0.1000	0.1333	0.2222	0.5919	0.1480	0.5966	4.0316				
Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	0.25	0.50	0.50	1.00	0.1364	0.1000	0.0667	0.1111	0.4141	0.1035	0.4191	4.0476				
Total	1.83333333	5	7.5	9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.1032	16.3285				

- Responden 3

Tabel 4. 46 perbandingan berpasangan antar kriteria pada kategori *Operation 3*

Kriteria	Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	Kemampuan Mengurangi Ketidakpastian Kondisi Sumur	Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	Kelayakan Implementasi di Operasi	Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	Kemampuan Mengurangi Ketidakpastian Kondisi Sumur	Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	Kelayakan Implementasi di Operasi	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Tot al Weight Matrix	eug vect or	Perka lian Matri ks	Eug en Value	λ maks	CI	IR	CR
Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	1.00	3.00	4.00	3.00	0.5217	0.6000	0.5333	0.3750	2.0301	0.5075	2.1384	4.2135	4.1339	0.0446	0.9000	0.0496
Kemampuan Mengurangi Ketidakpastian Kondisi Sumur	0.33	1.00	2.00	2.00	0.1739	0.2000	0.2667	0.2500	0.8906	0.2226	0.9315	4.1838				
Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	0.25	0.50	1.00	2.00	0.1304	0.1000	0.1333	0.2500	0.6138	0.1534	0.6244	4.0695				
Kelayakan Implementasi di	0.33	0.50	0.50	1.00	0.1739	0.1000	0.0667	0.1250	0.4656	0.1164	0.4736	4.0690				

Kriteria	Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	Kemampuan Mengurangi Ketidakpastian Kondisi Sumur	Stabilitas Eksekusi & Kontrol <i>Scope</i>	Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	Kemampuan Mengurangi Ketidakpastian Kondisi Sumur	Stabilitas Eksekusi & Kontrol <i>Scope</i>	Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	1	2	3	4 = 3/2	5 = <i>Sum 4/Sum 1</i>	6 = (5 - <i>Sum 1</i>)/(<i>Sum 1</i> - 1)	7	8 = 6/7
									Total <i>Weight Matrix</i>	<i>eugen vector</i>	Perkalian Matriks	<i>Eugen Value</i>	<i>λ maks</i>	CI	IR	CR
Operasi Aktif																
Total	1.91666667	5	7.5	8	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.1679	16.5357				

Selanjutnya dilakukan perbandingan berpasangan pada tingkat sub-kriteria menggunakan metode AHP untuk menentukan bobot kepentingan masing-masing sub-kriteria. Hasil perhitungan perbandingan berpasangan sub-kriteria disajikan pada Tabel berikut.

- Responden 1

Tabel 4. 47 perhitungan perbandingan berpasangan sub-kriteria 1

Sub Kriteria	Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	Kemampuan Deteksi Dini	Kemampuan Penyediaan Kontingenstis Teknis	Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	Kemampuan Deteksi Dini	Kemampuan Penyediaan Kontingenstis Teknis	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1)	7	8 = 6/7
							Total Weight Matrix	eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	1	3	2.00	0.5455	0.5000	0.5714	1.6169	0.5390	1.6248	3.0147	3.0092	0.0046	0.5800	0.0079
Kemampuan Deteksi Dini	1/3	1	0.50	0.1818	0.1667	0.1429	0.4913	0.1638	0.4921	3.0044				
Kemampuan Penyediaan Kontingenstis Teknis	1/2	2	1	0.2727	0.3333	0.2857	0.8918	0.2973	0.8943	3.0085				
Total	1.8	6.0	3.5	1.0	1.0	1.0	3.0	1.0	3.0	9.0				

- Responden 2

Tabel 4. 48 perhitungan perbandingan berpasangan sub-kriteria 2

Sub Kriteria	Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	Kemampuan Deteksi Dini	Kemampuan Penyediaan Kontingenst Teknis	Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	Kemampuan Deteksi Dini	Kemampuan Penyediaan Kontingenst Teknis	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1)	7	8 = 6/7
							Total Weight Matrix	eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	1	3	3.00	0.6000	0.5000	0.6667	1.7667	0.5889	1.8222	3.0943	3.0539	0.0270	0.5800	0.0465
Kemampuan Deteksi Dini	1/3	1	0.50	0.2000	0.1667	0.1111	0.4778	0.1593	0.4815	3.0233				
Kemampuan Penyediaan Kontingenst Teknis	1/3	2	1	0.2000	0.3333	0.2222	0.7556	0.2519	0.7667	3.0441				
Total	1.7	6.0	4.5	1.0	1.0	1.0	3.0	1.0	3.1	9.2				

- Responden 3

Tabel 4. 49 perhitungan perbandingan berpasangan sub-kriteria

Sub Kriteria	Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	Kemampuan Deteksi Dini	Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis	Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	Kemampuan Deteksi Dini	Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1)	7	8 = 6/7
							Total Weight Matrix	eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	1	2	2.00	0.5000	0.4000	0.5714	1.4714	0.4905	1.5095	3.0777	3.0537	0.0269	0.5800	0.0463
Kemampuan Deteksi Dini	1/2	1	0.50	0.2500	0.2000	0.1429	0.5929	0.1976	0.5988	3.0301				
Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis	1/2	2	1	0.2500	0.4000	0.2857	0.9357	0.3119	0.9524	3.0534				
Total	2.0	5.0	3.5	1.0	1.0	1.0	3.0	1.0	3.1	9.2				

Mengacu pada prosedur AHP yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, perbandingan berpasangan antar alternatif strategi perbaikan terhadap masing-masing kriteria pada kategori *Operation* dilakukan untuk menentukan tingkat preferensi alternatif. Hasil perbandingan tersebut disajikan pada tabel berikut.

- Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria Dampak Terhadap Penurunan NPT (*Impact on Downtime Reduction*)
 - Responden 1

Tabel 4. 50 Kriteria Dampak terhadap Penurunan NPT 1

Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Weight	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	1.00	0.33	3.00	0.50	0.1579	0.1538	0.3333	0.1250	0.7701	0.1925	0.7992	4.1512	4.1680	0.0560	0.9000	0.0622
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	3.00	1.00	3.00	2.00	0.4737	0.4615	0.3333	0.5000	1.7686	0.4421	1.8610	4.2091				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.33	0.33	1.00	0.50	0.0526	0.1538	0.1111	0.1250	0.4426	0.1106	0.4495	4.0629				

<i>Risk-Based Well Condition Classification</i>	2.00	0.50	2.00	1.00	0.3158	0.2308	0.2222	0.2500	1.0188	0.2547	1.0821	4.2486
Total	6.333333	2.166667	9	4	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.1919	16.6718

○ Responden 2

Tabel 4. 51 Kriteria Dampak terhadap Penurunan NPT 2

Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	<i>Enhanced Pre-job Well Condition Verification</i>	<i>Structured Contingency & Resource Readiness Planning</i>	<i>Real-Time Operational Risk Monitoring</i>	<i>Risk-Based Well Condition Classification</i>	<i>Enhanced Pre-job Well Condition Verification</i>	<i>Structured Contingency & Resource Readiness Planning</i>	<i>Real-Time Operational Risk Monitoring</i>	<i>Risk-Based Well Condition Classification</i>	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
<i>Enhanced Pre-job Well Condition Verification</i>	1.00	0.33	4.00	0.50	0.1905	0.1538	0.4000	0.1250	0.8693	0.2173	0.9054	4.1662	4.0575	0.0192	0.9000	0.0213
<i>Structured Contingency & Resource Readiness Planning</i>	3.00	1.00	3.00	2.00	0.5714	0.4615	0.3000	0.5000	1.8330	0.4582	1.8657	4.0714				

Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Weight	Perkalian Matriks	Evaluation Value	1	CI	IR	CR
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.25	0.33	1.00	0.50	0.0476	0.1538	0.1000	0.1250	0.4265	0.1066	0.4226	3.9638				
Risk-Based Well Condition Classification	1.00	0.50	2.00	1.00	0.1905	0.2308	0.2000	0.2500	0.8712	0.2178	0.8775	4.0287				
Total	5.25	2.16666667	10	4	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.0713	16.2301				

○ Responden 3

Tabel 4. 52 Kriteria Dampak terhadap Penurunan NPT 3

Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	1.00	0.50	2.00	1.00	0.2222	0.2000	0.2857	0.2222	0.9302	0.2325	0.9444	4.0614	4.0607	0.0202	0.9000	0.0225
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	2.00	1.00	2.00	2.00	0.4444	0.4000	0.2857	0.4444	1.5746	0.3937	1.6063	4.0806				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.50	0.50	1.00	0.50	0.1111	0.2000	0.1429	0.1111	0.5651	0.1413	0.5706	4.0393				
Risk-Based Well Condition	1.00	0.50	2.00	1.00	0.2222	0.2000	0.2857	0.2222	0.9302	0.2325	0.9444	4.0614				

Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
<i>n</i> Classification																
Total	4.5	2.5	7	4.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.0659	16.2428				

- Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria Stabilitas Eksekusi & Kontrol *Scope*
 - Responden 1

Tabel 4. 53 Kriteria Stabilitas Eksekusi dan Kontrol *Scope*

Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	1.00	0.33	3.00	1.00	0.1875	0.1250	0.3333	0.2857	0.9315	0.2329	0.9613	4.1278	4.1755	0.0585	0.9000	0.0650

Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	Enhanced Pre- job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Weight Vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	3.00	1.00	3.00	1.00	0.5625	0.3750	0.3333	0.2857	1.55 65	0.38 91	1.6865	4.33 40				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.33	0.33	1.00	0.50	0.0625	0.1250	0.1111	0.1429	0.44 15	0.11 04	0.4515	4.09 10				
Risk-Based Well Condition Classification	1.00	1.00	2.00	1.00	0.1875	0.3750	0.2222	0.2857	1.07 04	0.26 76	1.1104	4.14 92				
Total	5.33333 3333	2.66666 6667	9	3.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.00 00	1.00 00	4.2097	16.7 020				

○ Responden 2

Tabel 4. 54 Kriteria Stabilitas Eksekusi dan Kontrol *Scope* 2

Stabilitas Eksekusi & Kontrol <i>Scope</i>	Enhanced Pre- job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre- job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1) CI	7 IR	8 = 6/7 CR
Enhanced Pre- job Well Condition Verification	1.00	0.50	2.00	2.00	0.2500	0.2143	0.2500	0.3636	1.07 79	0.26 95	1.1053	4.10 17	4.0712	0.0237	0.90 00	0.02 64
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	2.00	1.00	3.00	2.00	0.5000	0.4286	0.3750	0.3636	1.66 72	0.41 68	1.7041	4.08 86				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.50	0.33	1.00	0.50	0.1250	0.1429	0.1250	0.0909	0.48 38	0.12 09	0.4910	4.05 98				
Risk-Based Well Condition	0.50	0.50	2.00	1.00	0.1250	0.2143	0.2500	0.1818	0.77 11	0.19 28	0.7778	4.03 47				

Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	Enhanced Pre- job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre- job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
<i>n</i> Classification																
Total	4	2.33333 3333	8	5.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.00 00	1.00 00	4.0783	16.2 848				

○ Responden 3

Tabel 4. 55 Kriteria Stabilitas Eksekusi dan Kontrol *Scope* 3

Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	Enhanced Pre- job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre- job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
Enhanced Pre- job Well Condition Verification	1.00	0.50	3.00	3.00	0.2727	0.2143	0.3333	0.4615	1.28 19	0.32 05	1.3497	4.21 15	4.1434	0.0478	0.90 00	0.05 31

Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	Enhanced Pre- job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Weight vector	Perkalian Matriks	Eugene Value	Δ maks	CI	IR	CR
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	2.00	1.00	3.00	2.00	0.5455	0.4286	0.3333	0.3077	1.61 51	0.40 38	1.7017	4.21 46				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.33	0.33	1.00	0.50	0.0909	0.1429	0.1111	0.0769	0.42 18	0.10 55	0.4320	4.09 69				
Risk-Based Well Condition Classification	0.33	0.50	2.00	1.00	0.0909	0.2143	0.2222	0.1538	0.68 13	0.17 03	0.6899	4.05 08				
Total	3.66666 6667	2.33333 3333	9	6.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.00 00	1.00 00	4.1733	16.5 738				

- Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap kriteria Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif
 - Responden 1

Tabel 4. 56 Kriteria Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif 1

Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	1.00	0.33	3.00	2.00	0.2069	0.1538	0.3333	0.3636	1.0577	0.2644	1.1004	4.1616	4.1646	0.0549	0.9000	0.0610
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	3.00	1.00	3.00	2.00	0.6207	0.4615	0.3333	0.3636	1.7792	0.4448	1.9258	4.3297				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.33	0.33	1.00	0.50	0.0690	0.1538	0.1111	0.0909	0.4248	0.1062	0.4349	4.0948				
Risk-Based Well Condition	0.50	0.50	2.00	1.00	0.1034	0.2308	0.2222	0.1818	0.7383	0.1846	0.7516	4.0723				

Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
<i>n</i> Classification																
Total	4.833333333	2.166666667	9	5.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.2128	16.6583				

○ Responden 2

Tabel 4. 57 Kriteria Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif 2

Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	1.00	0.50	2.00	2.00	0.2500	0.2143	0.2857	0.3636	1.1136	0.2784	1.1299	4.0583	4.0006	0.0002	0.9000	0.0002

Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eugen vector	Perkalian Matriks	Eugen Value	Δ maks	CI	IR	CR
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	2.00	1.00	2.00	2.00	0.5000	0.4286	0.2857	0.3636	1.5779	0.3945	1.6055	4.0700				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.50	0.33	1.00	0.50	0.1250	0.1429	0.1429	0.0909	0.5016	0.1254	0.4970	3.9628				
Risk-Based Well Condition Classification	0.50	0.50	2.00	1.00	0.1250	0.2143	0.2857	0.1818	0.8068	0.2017	0.7890	3.9115				
Total	4	2.333333333	7	5.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.0213	16.0025				

○ Responden 3

Tabel 4. 58 Kriteria Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif 3

Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Weight	Perkalian Matriks	Eugene Value	Δ maks	CI	IR	CR
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	1.00	0.33	3.00	2.00	0.2069	0.1667	0.3333	0.3077	1.0146	0.2536	1.0541	4.1558	4.1432	0.0477	0.9000	0.0530
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	3.00	1.00	3.00	3.00	0.6207	0.5000	0.3333	0.4615	1.9156	0.4789	2.0422	4.2645				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.33	0.33	1.00	0.50	0.0690	0.1667	0.1111	0.0769	0.4237	0.1059	0.4309	4.0680				
Risk-Based Well Condition	0.50	0.33	2.00	1.00	0.1034	0.1667	0.2222	0.1538	0.6462	0.1615	0.6598	4.0845				

Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	Enhanced Pre- job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Weight vector	Perkalian Matriks	Eugen Value	α maks	CI	IR	CR
Classification																
Total	4.83333 3333	2	9	6.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.00 00	1.00 00	4.1870	16.5 728				

Mengacu pada prosedur AHP yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, perbandingan berpasangan antar alternatif terhadap masing-masing sub-kriteria pada kategori *Operation* dilakukan untuk menentukan tingkat preferensi setiap alternatif strategi perbaikan. Hasil perhitungan perbandingan berpasangan antar alternatif terhadap sub-kriteria pada kategori *Operation* disajikan pada tabel berikut.

- Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap sub kriteria Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi
 - Responden 1

Tabel 4. 59 Pembobotan sub Kriteria Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra Eksekusi 1

Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eigenvalue	Perkalian Matriks	Eigenvalue	λ maks	CI	IR	CR
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	1.00	6.00	6.00	2.00	0.5455	0.7273	0.3750	0.4762	2.1239	0.5310	2.4006	4.5210	4.2227	0.0742	0.9000	0.0825
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	0.17	1.00	4.00	1.00	0.0909	0.1212	0.2500	0.2381	0.7002	0.1751	0.7310	4.1759				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.17	0.25	1.00	0.20	0.0909	0.0303	0.0625	0.0476	0.2313	0.0578	0.2373	4.1035				

Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
Risk-Based Well Condition Classification	0.50	1.00	5.00	1.00	0.2727	0.1212	0.3125	0.2381	0.9445	0.2361	0.9658	4.0902				
Total	1.83333333	8.25	16	4.2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.3347	16.8907				

○ Responden 2

Tabel 4. 60 Pembobotan sub Kriteria Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra Eksekusi 2

Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	1.00	3.00	3.00	2.00	0.4615	0.5455	0.3333	0.4615	1.8019	0.4505	1.8549	4.1177	4.0814	0.0271	0.9000	0.0302

Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	Δ maks	CI	IR	CR
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	0.33	1.00	2.00	1.00	0.1538	0.1818	0.2222	0.2308	0.7887	0.1972	0.8079	4.0975				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.33	0.50	1.00	0.33	0.1538	0.0909	0.1111	0.0769	0.4328	0.1082	0.4383	4.0512				
Risk-Based Well Condition Classification	0.50	1.00	3.00	1.00	0.2308	0.1818	0.3333	0.2308	0.9767	0.2442	0.9912	4.0593				
Total	2.16666667	5.5	9	4.33333333	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.0923	16.3257				

○ Responden 3

Tabel 4. 61 Pembobotan sub Kriteria Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra Eksekusi 3

Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eugenector	Perkalian Matriks	Eugen Value	Δ maks	CI	IR	CR
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	1.00	3.00	4.00	2.00	0.4800	0.5455	0.3333	0.4762	1.8350	0.4587	1.8988	4.1392	4.1283	0.0428	0.9000	0.0475
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	0.33	1.00	2.00	1.00	0.1600	0.1818	0.1667	0.2381	0.7466	0.1866	0.7796	4.1771				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.25	0.50	1.00	0.20	0.1200	0.0909	0.0833	0.0476	0.3419	0.0855	0.3473	4.0637				
Risk-Based Well Condition	0.50	1.00	5.00	1.00	0.2400	0.1818	0.4167	0.2381	1.0766	0.2691	1.1125	4.1334				

Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
<i>n</i> Classification																
Total	2.083333333	5.5	12	4.2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.1383	16.5134				

- Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap sub kriteria Kemampuan Deteksi Dini Deviasi Selama Operasi
 - Responden 1

Tabel 4. 62 Pembobotan terhadap sub kriteria Kemampuan Deteksi Dini Deviasi Selama Operasi 1

Kemampuan Deteksi Dini Deviasi Selama Operasi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	1.00	6.00	7.00	3.00	0.6412	0.7317	0.4118	0.5714	2.3561	0.5890	2.5794	4.3791	4.1319	0.0440	0.9000	0.0488

Kemampuan Deteksi Dini Deviasi Selama Operasi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	0.17	1.00	5.00	1.00	0.1069	0.1220	0.2941	0.1905	0.7134	0.1784	0.7316	4.1018				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.14	0.20	1.00	0.25	0.0916	0.0244	0.0588	0.0476	0.2224	0.0556	0.2197	3.9504				
Risk-Based Well Condition Classification	0.25	1.00	4.00	1.00	0.1603	0.1220	0.2353	0.1905	0.7080	0.1770	0.7251	4.0962				
Total	1.55952381	8.2	17	5.25	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.2557	16.5276				

○ Responden 2

Tabel 4. 63 Pembobotan terhadap sub kriteria Kemampuan Deteksi Dini Deviasi Selama Operasi 2

Kemampuan Deteksi Dini Deviasi Selama Operasi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Weight	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	1.00	3.00	3.00	2.00	0.4615	0.5455	0.3750	0.4444	1.8264	0.4566	1.8656	4.0857	4.0458	0.0153	0.9000	0.0170
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	0.33	1.00	2.00	1.00	0.1538	0.1818	0.2500	0.2222	0.8079	0.2020	0.8158	4.0392				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.33	0.50	1.00	0.50	0.1538	0.0909	0.1250	0.1111	0.4809	0.1202	0.4840	4.0261				
Risk-Based Well Condition	0.50	1.00	2.00	1.00	0.2308	0.1818	0.2500	0.2222	0.8848	0.2212	0.8919	4.0321				

Kemampuan Deteksi Dini Deviasi Selama Operasi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
<i>n</i> Classification																
Total	2.16666667	5.5	8	4.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.0573	16.1832				

○ Responden 3

Tabel 4. 64 Pembobotan terhadap sub kriteria Kemampuan Deteksi Dini Deviasi Selama Operasi 3

Kemampuan Deteksi Dini Deviasi Selama Operasi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	1.00	2.00	3.00	2.00	0.4286	0.4444	0.3750	0.4444	1.6925	0.4231	1.6994	4.0164	4.0104	0.0035	0.9000	0.0038

Kemampuan Deteksi Dini Deviasi Selama Operasi	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	Δ maks	CI	IR	CR
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	0.50	1.00	2.00	1.00	0.2143	0.2222	0.2500	0.2222	0.9087	0.2272	0.9110	4.0098				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.33	0.50	1.00	0.50	0.1429	0.1111	0.1250	0.1111	0.4901	0.1225	0.4907	4.0054				
Risk-Based Well Condition Classification	0.50	1.00	2.00	1.00	0.2143	0.2222	0.2500	0.2222	0.9087	0.2272	0.9110	4.0098				
Total	2.333333	4.5	8	4.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.0121	16.0415				

- Pembobotan dan uji konsistensi alternatif terhadap sub kriteria Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis
 - Responden 1

Tabel 4. 65 Pembobotan sub kriteria Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis 1

Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eigenvalue	Perkalian Matriks	Eigenvalue	λ maks	CI	IR	CR
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	1.00	2.00	7.00	5.00	0.5426	0.4706	0.3684	0.7000	2.0816	0.5204	2.3800	4.5733	4.2497	0.0832	0.9000	0.0925
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	0.50	1.00	4.00	1.00	0.2713	0.2353	0.2105	0.1400	0.8571	0.2143	0.8965	4.1838				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.14	0.25	1.00	0.14	0.0775	0.0588	0.0526	0.0200	0.2090	0.0522	0.2106	4.0310				

Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
Risk-Based Well Condition Classification	0.20	1.00	7.00	1.00	0.1085	0.2353	0.3684	0.1400	0.8522	0.2131	0.8971	4.2107				
Total	1.842857143	4.25	19	7.142857143	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.3842	16.9988				

○ Responden 2

Tabel 4. 66 Pembobotan sub kriteria Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis 2

Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ maks	CI	IR	CR
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	1.00	2.00	3.00	2.00	0.4286	0.4615	0.3000	0.4615	1.6516	0.4129	1.6863	4.0838	4.0608	0.0203	0.9000	0.0225

Kemampuan Penyediaan Kontingen Teknik	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	even vector	Perkalian Matriks	Eugene Value	Δ maks	CI	IR	CR
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	0.50	1.00	3.00	1.00	0.2143	0.2308	0.3000	0.2308	0.9758	0.2440	0.9919	4.0659				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.33	0.33	1.00	0.33	0.1429	0.0769	0.1000	0.0769	0.3967	0.0992	0.3995	4.0277				
Risk-Based Well Condition Classification	0.50	1.00	3.00	1.00	0.2143	0.2308	0.3000	0.2308	0.9758	0.2440	0.9919	4.0659				
Total	2.333333	4.333333	10	4.333333	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.0695	16.2433				

○ Responden 3

Tabel 4. 67 Pembobotan sub kriteria Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis 3

Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1- 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	eigen vector	Perkalian Matriks	Eigen Value	λ_{maks}	CI	IR	CR
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	1.00	0.50	3.00	1.00	0.2308	0.2222	0.3000	0.2222	0.9752	0.2438	0.9808	4.0228	4.0207	0.0069	0.9000	0.0077
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	2.00	1.00	4.00	2.00	0.4615	0.4444	0.4000	0.4444	1.7504	0.4376	1.7620	4.0264				
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.33	0.25	1.00	0.50	0.0769	0.1111	0.1000	0.1111	0.3991	0.0998	0.3999	4.0071				
Risk-Based Well Condition	1.00	0.50	2.00	1.00	0.2308	0.2222	0.2000	0.2222	0.8752	0.2188	0.8810	4.0264				

Kemampuan Penyediaan Kontingen Teknik	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	Enhanced Pre-job Well Condition Verification	Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Real-Time Operational Risk Monitoring	Risk-Based Well Condition Classification	1	2	3	4 = 3/2	5 = Sum 4/Sum 1	6 = (5 - Sum 1)/(Sum 1 - 1)	7	8 = 6/7
									Total Weight Matrix	Eugen Vector	Perkalian Matriks	Eugen Value	Δ maks	CI	IR	CR
<i>n</i> Classification																
Total	4.333333333	2.25	10	4.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	4.0236	16.0827				

Mengacu pada tahapan perhitungan AHP yang telah dijelaskan sebelumnya, bobot akhir alternatif (*global priority*) pada kategori *Operation* diperoleh dengan mengintegrasikan bobot pada tingkat kriteria, sub-kriteria, dan alternatif. Nilai bobot global ini menunjukkan tingkat prioritas masing-masing alternatif strategi perbaikan dalam mendukung upaya pengurangan *Non-Productive Time* (NPT) pada aktivitas *Operation*.

- Perhitungan Bobot Akhir
 - Responden 1

Tabel 4. 68 Perhitungan Bobot Akhir 1

PENGAMBILAN KEPUTUSAN							
	Attribute						Alt. Weight Evaluation
	Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	Kemampuan Mengurangi Ketidakpastian Kondisi Sumur			Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	
	0.5470	0.2256			0.1411	0.0864	
Attribute weight		Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	Kemampuan Deteksi Dini	Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis			
		0.5390	0.1638	0.2973			
Alternatif							
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	0.1925	0.5310	0.5890	0.5204	0.2329	0.2644	0.28222
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	0.4421	0.1751	0.1784	0.2143	0.3891	0.4448	0.377388
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.1106	0.0578	0.0556	0.0522	0.1104	0.1062	0.097852
Risk-Based Well Condition Classification	0.2547	0.2361	0.1770	0.2131	0.2676	0.1846	0.24254

○ Responden 2

Tabel 4. 69 Perhitungan Bobot Akhir 2

PENGAMBILAN KEPUTUSAN							
	Attribute						Alt. Weight Evaluation
	Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	Kemampuan Mengurangi Ketidakpastian Kondisi Sumur			Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	
	0.5308	0.2177			0.1480	0.1035	
Attribute weight		Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	Kemampuan Deteksi Dini	Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis			
		0.5889	0.1593	0.2519			
Alternatif							
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	0.2173	0.4505	0.4566	0.4129	0.2695	0.2784	0.280274
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	0.4582	0.1972	0.2020	0.2440	0.4168	0.3945	0.391409
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.1066	0.1082	0.1202	0.0992	0.1209	0.1254	0.110948
Risk-Based Well Condition Classification	0.2178	0.2442	0.2212	0.2440	0.1928	0.2017	0.217369

○ Responden 3

Tabel 4. 70 Perhitungan Bobot Akhir

PENGAMBILAN KEPUTUSAN							
	Attribute						Alt. Weight Evaluation
	Dampak Terhadap Reduksi NPT Operasi	Kemampuan Mengurangi Ketidakpastian Kondisi Sumur			Stabilitas Eksekusi & Kontrol Scope	Kelayakan Implementasi di Operasi Aktif	
	0.5075	0.2226			0.1534	0.1164	
Attribute weight		Kemampuan Verifikasi Kondisi Aktual Pra-Eksekusi	Kemampuan Deteksi Dini	Kemampuan Penyediaan Kontingensi Teknis			
		0.4905	0.1976	0.3119			
Alternatif							
Enhanced Pre-job Well Condition Verification	0.2325	0.4587	0.4231	0.2438	0.3205	0.2536	0.282358
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	0.3937	0.1866	0.2272	0.4376	0.4038	0.4789	0.378246
Real-Time Operational Risk Monitoring	0.1413	0.0855	0.1225	0.0998	0.1055	0.1059	0.121859
Risk-Based Well Condition Classification	0.2325	0.2691	0.2272	0.2188	0.1703	0.1615	0.217536

• Rata-rata Pembobotan Akhir

Tabel 4. 71 Rata-rata Pembobotan Akhir

Kriteria	Bobot
<i>Enhanced Pre-job Well Condition Verification</i>	0.2816
<i>Structured Contingency & Resource Readiness Planning</i>	0.3823
<i>Real-Time Operational Risk Monitoring</i>	0.1102
<i>Risk-Based Well Condition Classification</i>	0.2258

4.4.2 *Value Added Analysis*

Value Added Analysis (VAA) digunakan dalam penelitian ini untuk mengevaluasi potensi pengurangan *Non-Productive Time* (NPT) berdasarkan strategi perbaikan yang telah diprioritaskan melalui metode AHP. Pendekatan ini difokuskan untuk mengukur kontribusi strategi terhadap perbaikan kinerja operasi dengan mengacu pada penyebab dominan pemborosan yang diperoleh dari analisis Pareto.

Meskipun secara umum *Value Added Analysis* (VAA) digunakan untuk mengklasifikasikan aktivitas menjadi VA, NVA, dan NNVA, dalam penelitian ini VAA dikembangkan lebih lanjut sebagai pendekatan evaluatif untuk mengukur potensi pengurangan aktivitas *Non-Value Added* yang berkontribusi terhadap *Non-Productive Time* (NPT). Dengan demikian, VAA tidak hanya digunakan untuk identifikasi pemborosan, tetapi juga untuk mengestimasi besarnya reduksi waktu operasi melalui implementasi strategi perbaikan.

4.4.2.1 *Moving*

Value Added Analysis (VAA) pada aktivitas moving dilakukan untuk mengukur potensi kontribusi strategi terpilih terhadap penurunan *Non-Productive Time* (NPT) secara kuantitatif berbasis data historis. Analisis difokuskan pada penyebab dominan yang telah diidentifikasi melalui analisis Pareto, di mana tiga faktor utama menyumbang kontribusi kumulatif sebesar 80,24% terhadap total NPT pada aktivitas moving. Oleh karena itu, strategi perbaikan difokuskan pada area dominan tersebut agar memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan efisiensi proses.

Dalam penelitian ini estimasi penurunan NPT dihitung menggunakan pendekatan distribusi data historis. Median digunakan sebagai representasi kondisi operasional tipikal, sedangkan persentil ke-40 (P40) digunakan sebagai representasi performa yang lebih baik namun masih realistis untuk dicapai. Selisih antara median dan P40 mencerminkan potensi pengurangan durasi operasional yang telah terbukti terjadi dalam data historis.

Dengan demikian, estimasi penurunan NPT dihitung menggunakan rasio selisih antara median dan P40 terhadap median, sehingga menghasilkan nilai penurunan dalam satuan persentase yang lebih representatif secara operasional. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi yang lebih konsisten karena berbasis satuan waktu (jam) dan mencerminkan potensi perbaikan yang realistis dibandingkan pendekatan berbasis pembobotan preferensi.

Tabel 4. 72 Moving

Alternatif Strategi	Median (jam)	P40 (jam)	Perhitungan	Estimasi Penurunan NPT (%)
Real-Time Mobilization Tracking	11.5	8.5	$(11.5 - 8.5) / 11.5$	26.00%

4.4.2.2 Operation

Value Added Analysis (VAA) pada aktivitas *Operation* dilakukan dengan mengevaluasi potensi pengurangan *Non-Productive Time* (NPT) berdasarkan strategi perbaikan yang telah diprioritaskan. Analisis difokuskan pada penyebab dominan pemborosan waktu operasi yang diidentifikasi melalui analisis Pareto, sehingga strategi yang dipilih diarahkan pada area dengan kontribusi terbesar terhadap NPT.

Estimasi penurunan NPT dihitung menggunakan pendekatan distribusi data historis durasi operasi. Median digunakan sebagai representasi kondisi operasional tipikal, sedangkan persentil ke-40 (P40) digunakan sebagai representasi performa yang lebih baik namun masih realistis untuk dicapai. Selisih antara median dan P40 mencerminkan potensi pengurangan durasi operasional yang telah terjadi dalam data historis.

Nilai selisih tersebut kemudian dinormalisasi terhadap median untuk memperoleh estimasi penurunan dalam bentuk persentase, sehingga hasil yang diperoleh lebih representatif secara operasional dan berbasis satuan waktu (jam).

Tabel 4. 73 Operation

Alternatif Strategi	Median (jam)	P40 (jam)	Perhitungan	Estimasi Penurunan NPT (%)
Structured Contingency & Resource Planning	5	3.5	$(5.0 - 3.5) / 5.0$	30.00%

4.4.2.3 Perhitungan Estimasi Penurunan NPT Secara Keseluruhan

Untuk mengetahui dampak keseluruhan dari implementasi strategi perbaikan, dilakukan agregasi estimasi penurunan NPT berdasarkan kontribusi masing-masing aktivitas terhadap total NPT.

Tabel 4. 74 Perhitungan Proporsi NPT

Aktivitas	Proporsi NPT (%)	Estimasi Penurunan (%)	Kontribusi terhadap Total (%)
<i>Moving</i>	56%	26%	14,56%
<i>Operation</i>	44%	30%	13,20%
Total	100%	-	27,76%

4.4.2.4 OEE Usulan

Tabel berikut menyajikan perbandingan nilai *Availability*, *Performance*, dan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebelum dan sesudah implementasi strategi perbaikan. Peningkatan nilai *Availability* diperoleh dari hasil reduksi *Non-Productive Time* (NPT), sedangkan peningkatan *performance* dihitung secara proporsional sebagai dampak tidak langsung dari berkurangnya waktu tidak produktif. Hasil perhitungan menunjukkan adanya peningkatan nilai OEE pada setiap tahun pengamatan.

Tabel 4. 75 OEE Usulan

Tahun	A Lama	A Baru	P Lama	P Baru	Q	OEE Lama	OEE Baru
2020	81%	85,28%	102%	106.52%	98.71%	82%	90,85%
2021	68%	77,08%	104%	108.61%	100%	71%	83,72%
2022	69%	78,01%	94%	98.16%	99.10%	64%	75,96%
2023	71%	79,03%	51%	53.26%	99.58%	36%	42.05%
2024	81%	86,28%	31%	32.37%	98.22%	25%	27.80%
2025	84%	88,44%	49%	51.17%	97.65%	40%	44,56%

4.4.2.5 Projected Expected Loss

Setelah dilakukan analisis kinerja operasional dan identifikasi potensi pengurangan NPT, selanjutnya dilakukan perhitungan Projected Expected Loss untuk mengestimasi dampak ekonomi yang ditimbulkan. Perhitungan ini mengacu pada data *Production rate* (BOPD) dan harga minyak (\$/bbl) tiap tahun.

Dengan mempertimbangkan nilai NPT yang berhasil dikurangi (NPT saved), dilakukan estimasi volume minyak yang dapat diselamatkan (oil saved) serta potensi pengurangan kerugian (*Loss Reduction*). Hasil perhitungan tersebut disajikan pada tabel berikut.

- *Production rate*

Tabel 4. 76 *Production rate*

Tahun	Rate (BOPD)
2020	322.6
2021	629.9
2022	503.1
2023	352.4
2024	330.6
2025	421.1

- Harga Minyak Dunia

Tabel 4. 77 Harga Minyak Dunia

Tahun	Price (\$/bbl)
2020	42
2021	70
2022	100
2023	82
2024	80
2025	78

- Perhitungan *Loss Reduction*

Tabel 4. 78 Perhitungan *Loss Reduction*

Tahun	NPT (jam)	NPT Saved (jam)	Oil Saved (bbl)	Harga (\$/bbl)	Loss Reduction (\$)
2020	3,758.95	1,043.09	14,016	42	\$588,672
2021	3,097.25	859.81	17,903	70	\$1,253,210
2022	4,230.75	1,175.69	24.492	100	\$2,449,200
2023	10,542.00	2,926.40	42.936	82	\$3,520,752
2024	11,938.00	3,314.19	45.883	80	\$3,670,640
2025	4,773.25	1,325.08	20,558	78	\$1,603,524

4.5 Model Business Process Management and Notation (BPMN)

Business Process Model and Notation (BPMN) digunakan untuk memodelkan alur proses operasi *well intervention* secara sistematis guna menggambarkan kondisi proses eksisting serta usulan perbaikan proses setelah implementasi rekomendasi peningkatan kinerja.

Name	Type	Instances completed	Instances started	Min. time (h)	Max. time (h)	Avg. time (h)	Total time (h)
Koordinasi Lokasi dan Equipment	Task	199	200	1	1	1	199
Verifikasi Kesiapan Lokasi	Task	387	387	1	1	1	387
Lokasi siap?	Gateway	387	387				
Delay NPT Moving	Task	188	188	8.5	8.5	8.5	1598
Persiapan Ulang Lokasi	Task	188	188	3	3	3	564
Approval Mobilisasi	Task	199	199	1	1	1	199
Pressure and Safety Check	Task	198	198	2	2	2	396
Rig Up	Task	198	198	2	2	2	396
Positioning Rig	Task	198	198	1	1	1	198
Waiting Preparation Lokasi dan Equipment	Task	98	98	3	3	3	294
Lokasi dan Equipment siap untuk Rig Up?	Gateway	199	199				
Readiness Lokasi dan Equipment	Task	199	199	1	1	1	199
Rig tiba di lokasi	Task	199	199	1	1	1	199
Mobilisasi Rig	Task	199	199	4	4	4	796
Perbaikan/waiting equipment	Task	154	154	3	3	3	462
Equipment Ready?	Gateway	353	353				
Pengecekan resource	Task	353	353	2	2	2	706
Kondisi Sumur Sesuai Program?	Gateway	198	198				
additional technical review	Task	54	54	2	2	2	108
Evaluasi teknis dan re-programming	Task	54	54	1	1	1	54
Koordinasi penyesuaian operasi	Task	54	54	1	1	1	54
Implementasi Penyesuaian Operasi	Task	54	54	2	2	2	108
Penyesuaian Operasi Siap Dieksekusi?	Gateway	54	54				
Pelaksanaan Program Well Intervention	Task	405	406	36	36	36	14580
Waiting resource	Task	15	15	2	2	2	30
Selesai Pengerjaan job	Task	405	405	1	1	1	405
QA/QC Job	Task	405	405	2	2	2	810
Sudah sesuai Program?	Gateway	405	405				

Name	Type	Instances completed	Instances started	Min. time (h)	Max. time (h)	Avg. time (h)	Total time (h)
Report ke Engineer	Task	290	290	1	1	1	290
Re- Check report Program	Task	290	290	1	1	1	290
Perintah Rework	Task	208	208	2	2	2	416
Apakah Sesuai?	Gateway	290	290				
Report Rework	Task	93	93	2	2	2	186
Approval End Job	Task	197	197	1	1	1	197
Release Perintah End Job	Task	197	197	1	1	1	197
Rig Down	Task	197	197	1	1	1	197
Demobilization	Task	197	197	2	2	2	394
End Job	event	197					
Start	event	200					
Prepare Resource	Task	15	15	2	2	2	30
Delay NPT Moving	Task	154	154	8.5	8.5	8.5	1309
Delay NPT Moving	Task	98	99	8.5	8.5	8.5	833
NPT Operation	Task	54	54	3	3	3	162
NPT Operation	Task	15	15	3	3	3	45
NPT Operation	Task	115	115	3	3	3	345
NPT Operation	Task	93	93	3	3	3	279

Name	Type	Instances completed	Instances started	Min. time (h)	Max. time (h)	Avg. time (h)	Total time (h)
Persiapan Jadwal dan Mobilisasi	Task	200	200	1	1	1	200
Koordinasi Lokasi dan Equipment	Task	199	200	1	1	1	199
Verifikasi Kesiapan Lokasi	Task	372	372	1	1	1	372
Lokasi siap?	Gateway	372	372				
Delay NPT Moving	Task	173	173	5.5	5.5	5.5	951.5
Persiapan Ulang Lokasi	Task	173	173	3	3	3	519
Approval Mobilisasi	Task	199	199	1	1	1	199
Pressure and Safety Check	Task	199	199	2	2	2	398
Rig Up	Task	199	199	2	2	2	398
Positioning Rig	Task	199	199	1	1	1	199
Waiting Preparation Lokasi dan Equipment	Task	98	98	3	3	3	294
Lokasi dan Equipment siap untuk Rig Up?	Gateway	199	199				
Readiness Lokasi dan Equipment	Task	199	199	1	1	1	199
Rig tiba di lokasi	Task	199	199	0.5	0.5	0.5	99.5
Mobilisasi Rig	Task	199	199	3	3	3	597
Perbaikan/waiting equipment	Task	174	174	3	3	3	522
Equipment Ready?	Gateway	373	373				
Pengecekan resource	Task	373	373	1	1	1	373
Kondisi Sumur Sesuai Program?	Gateway	199	199				
additional technical review	Task	54	54	1	1	1	54
Evaluasi teknis dan re-programming	Task	54	54	1	1	1	54
Koordinasi penyesuaian operasi	Task	54	54	1	1	1	54
Implementasi Penyesuaian Operasi	Task	54	54	1.5	1.5	1.5	81
Penyesuaian Operasi Siap Dieksekusi?	Gateway	54	54				
Pelaksanaan Program Well Intervention	Task	399	401	36	36	36	14364
Waiting resource	Task	14	14	1	1	1	14
Selesai Pengerjaan job	Task	399	399	1	1	1	399
QA/QC Job	Task	399	399	2	2	2	798
Sudah sesuai Program?	Gateway	399	399				
Report ke Engineer	Task	281	281	1	1	1	281

Name	Type	Instances completed	Instances started	Min. time (h)	Max. time (h)	Avg. time (h)	Total time (h)
Re- Check report Program	Task	281	281	1	1	1	281
Perintah Rework	Task	202	202	1	1	1	202
Apakah Sesuai?	Gateway	281	281				
Report Rework	Task	84	84	1	1	1	84
Approval End Job	Task	197	197	1	1	1	197
Release Perintah End Job	Task	197	197	1	1	1	197
Rig Down	Task	197	197	1	1	1	197
Demobilization	Task	197	197	2	2	2	394
End Job	End event	197					
Start	Start event	200					
Prepare Resource	Task	14	14	1.5	1.5	1.5	21
Delay NPT Moving	Task	174	174	5.5	5.5	5.5	957
Delay NPT Moving	Task	98	98	5.5	5.5	5.5	539
NPT Operation	Task	54	54	2.5	2.5	2.5	135
NPT Operation	Task	14	14	2.5	2.5	2.5	35
NPT Operation	Task	118	118	2.5	2.5	2.5	295
NPT Operation	Task	84	84	2.5	2.5	2.5	210
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Task	199	199	0.5	0.5	0.5	99.5
Real-Time Mobilization Tracking	Task	199	199	0.5	0.5	0.5	99.5
Standby Resource Verification	Task	199	199	0.5	0.5	0.5	99.5
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Task	199	199	0.5	0.5	0.5	99.5
Structured Contingency & Resource Readiness Planning	Task	14	14	30	30	30	420

4.6 Control

Tahap *Control* dirancang untuk memastikan implementasi strategi prioritas hasil integrasi metode AHP pada aktivitas *moving* dan *Operation* dapat berjalan secara konsisten, terukur, dan berkelanjutan. Pengendalian difokuskan pada pengurangan *Non-Productive Time* (NPT) melalui penerapan sistem *Monitoring* terintegrasi, pengendalian berbasis indikator kinerja, serta mekanisme respon cepat terhadap deviasi operasional.

Strategi utama yang dikendalikan meliputi *Real-Time Mobilization Tracking* pada aktivitas *moving* dan *Structured Contingency & Resource Readiness Planning* pada aktivitas *Operation*.

- PDCA Pengendalian NPT pada Aktivitas *Moving* dan *Operation*

Tabel 4. 81 PDCA Pengendalian NPT

Fase PDCA	Layer Control	Tahapan	Aktivitas Pengendalian	Metode / Tools	Parameter yang Dikontrol	Frekuensi	PIC	Target	Tindakan Jika Deviasi
PLAN	Planning Control (Pre-Job)	Persiapan	Validasi kesiapan sumur & equipment	Pre-job checklist	Well condition, equipment readiness	Sebelum job	Engineer	Sesuai program	Delay start / revisi plan
			Penyusunan contingency plan (Plan A, B, C)	Scenario planning	Kesiapan skenario	Sebelum job	Engineer	Tersedia plan	Aktifkan plan alternatif
			Verifikasi resource (alat, crew, material)	Resource checklist	Ketersediaan (%)	Sebelum job	Supervisor	100% ready	Ganti resource
			Penentuan jalur mobilisasi	Route validation	Waktu tempuh	Sebelum mobilisasi	Field Engineer	Optimal	Re-route

Fase PDCA	Layer Control	Tahapan	Aktivitas Pengendalian	Metode / Tools	Parameter yang Dikontrol	Frekuensi	PIC	Target	Tindakan Jika Deviasi
DO	Execution Control	Pelaksanaan	Monitoring mobilisasi real-time	GPS / logsheet	Deviasi mobilisasi (%)	Real-time	Field Engineer	$\leq 10\%$	Re-route / reschedule
			Tracking planned vs actual	Time tracking	Selisih waktu (%)	Harian	Operation Team	$\leq \text{plan}$	Evaluasi bottleneck
			Pengendalian eksekusi job	Time log monitoring	Durasi job	Harian	Operation Team	Sesuai plan	Penyesuaian operasi
			Monitoring kondisi sumur	Real-time monitoring	Stabilitas sumur	Harian	Engineer	Stabil	Adjust program
CHECK	Evaluation Control	Monitoring KPI	Monitoring NPT	Dashboard OEE	% NPT	Mingguan	Management	$\geq 27.76\%$	Investigasi root cause
			Monitoring Availability	Perhitungan Availability	Availability (%)	Bulanan	Engineer	$\geq 3-5\%$	Evaluasi loss
			Monitoring OEE	Perhitungan OEE	Nilai OEE	Bulanan	Engineer	$\geq 2-5\%$	Improvement action

Fase PDCA	Layer Control	Tahapan	Aktivitas Pengendalian	Metode / Tools	Parameter yang Dikontrol	Frekuensi	PIC	Target	Tindakan Jika Deviasi
ACT	Improvement Control		Monitoring mobilisasi	GPS / logsheet	Deviasi (%)	Real-time	Field Engineer	≤ 10%	Eskalasi
			Evaluasi	Identifikasi root cause residual	RCA (Fishbone, 5 Why)	Penyebab NPT	Post-job	Engineer	Teridentifikasi
		Eskalasi	Deviasi Level 1	Penyesuaian lapangan	< 10%	Real-time	Field Engineer	Terkontrol	Koreksi langsung
			Deviasi Level 2	Evaluasi supervisor	10–20%	Real-time	Supervisor	Terkontrol	Review & adjustment
			Deviasi Level 3	Intervensi engineer & redesign plan	> 20%	Real-time	Engineer / Management	Terkontrol	Redesign plan / stop job
		Improvement	Feedback ke perencanaan	Continuous improvement	Update plan	Periodik	Engineer	Improved plan	Update SOP

Fase PDCA	Layer Control	Tahapan	Aktivitas Pengendalian	Metode / Tools	Parameter yang Dikontrol	Frekuensi	PIC	Target	Tindakan Jika Deviasi
			Optimasi Availability & OEE	<i>Loss analysis</i>	KPI performance	Periodik	Management	$\geq$ target	<i>Improvement action</i>

- Mekanisme Eskalasi Deviasi Operasional

Tabel 4. 82 Mekanisme Eskalasi Deviasi Operasional

Level	Kondisi	Aksi
Level 1	Deviasi <10%	Penyesuaian lapangan
Level 2	Deviasi 10–20%	Evaluasi <i>supervisor</i>
Level 3	Deviasi >20%	Intervensi <i>engineer & redesign plan</i>

- Target dan Indikator Kinerja Pengendalian NPT

Tabel 4. 83 Target dan Indikator Kinerja Pengendalian NPT

No	Indikator Kinerja	Target	Satuan	Keterangan
1	Penurunan <i>Non-Productive Time</i> (NPT)	$\geq 22.15\%$	%	Berdasarkan hasil <i>Value Added Analysis</i>
2	Peningkatan <i>Availability</i>	$\geq 3 - 5\%$	%	Dampak dari reduksi NPT terhadap waktu operasi
3	Peningkatan <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE)	$\geq 2 - 5\%$	%	Hasil integrasi peningkatan <i>Availability</i> dan performance
4	Deviasi Waktu Mobilisasi	$\leq 10\%$	%	Batas toleransi terhadap perbedaan <i>planned</i> VS <i>actual mobilization</i>

Sistem *control* dirancang sebagai *closed-loop system*, dimana hasil *Monitoring* digunakan sebagai feedback untuk perbaikan perencanaan berikutnya. Data NPT, delay mobilisasi, serta performa operasi dianalisis secara periodik untuk mengidentifikasi pola ketidakefisienan dan menjadi dasar dalam penerapan *continuous Improvement*

BAB V

PEMBAHASAN atau PENGUJIAN SISTEM DAN PEMBAHASAN

5.1 Pembahasan Tahapan Define

Pada tahap Define, permasalahan utama diidentifikasi melalui pendekatan *Voice of Customer* (VOC) berbasis data historis *WellView*, sehingga kebutuhan perbaikan diturunkan secara kuantitatif. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa persentase *Non-Productive Time* (NPT) mencapai 23% dari total durasi operasi, nilai *Availability* sebesar 77%, serta proporsi NPT pada aktivitas *moving* sebesar 56% dari total NPT. Ketiga indikator tersebut selanjutnya ditetapkan sebagai *CRITICAL to Quality* (CTQ) yang menjadi parameter utama dalam pengendalian kinerja operasi.

A. Persentase NPT

Nilai NPT sebesar 23% menunjukkan bahwa hampir seperempat waktu operasi tidak memberikan nilai tambah terhadap proses *well intervention*. Jika dibandingkan dengan praktik operasional yang umumnya menargetkan NPT di bawah 15%, maka terdapat *gap* inefisiensi sebesar $\pm 8\%$. Kondisi ini mengindikasikan bahwa proses operasi belum berjalan secara optimal dan masih mengandung aktivitas *Non-Value Added* dalam proporsi yang signifikan. Dalam skala durasi operasi yang besar, selisih tersebut berimplikasi langsung terhadap peningkatan biaya operasional serta potensi kehilangan produksi.

B. *Availability*

Nilai *Availability* sebesar 77% menunjukkan bahwa tingkat pemanfaatan waktu operasi masih berada di bawah standar industri yang umumnya berada pada kisaran $\geq 85\%$, sehingga terdapat *gap* performa sebesar $\pm 8\%$. Rendahnya *Availability* ini merupakan konsekuensi langsung dari tingginya NPT, di mana waktu yang seharusnya dapat digunakan untuk aktivitas produktif justru hilang akibat *downtime* dan *delay*. Dengan demikian, *Availability* dalam penelitian ini merepresentasikan tingkat efektivitas pemanfaatan waktu operasi secara keseluruhan.

C. Proporsi NPT *Moving*

Proporsi NPT pada aktivitas *moving* sebesar 56% dari total NPT menunjukkan bahwa lebih dari separuh waktu tidak produktif berasal dari aktivitas mobilisasi dan perpindahan peralatan. Jika dikaitkan dengan total durasi operasi, kontribusi

NPT *moving* mencapai sekitar 12–13% dari keseluruhan waktu kerja, sehingga menjadi kontributor dominan terhadap inefisiensi operasional.

Temuan ini mengindikasikan bahwa Sumber utama permasalahan tidak terletak pada aktivitas teknis Sumur, melainkan pada proses pendukung operasional yang bersifat *Non-Value Added*, khususnya pada fase mobilisasi. Hal ini menunjukkan adanya kelemahan pada aspek perencanaan, koordinasi, serta kesiapan *Resource* sebelum operasi dimulai.

Ketiga CTQ tersebut memiliki keterkaitan yang erat, di mana tingginya NPT sebesar 23% secara langsung menyebabkan rendahnya *Availability* sebesar 77%, sementara dominasi aktivitas *moving* sebesar 56% menunjukkan bahwa Sumber utama inefisiensi berasal dari proses mobilisasi.

Meskipun aktivitas *moving* merupakan kontributor dominan terhadap NPT, aktivitas *Operation* yang menyumbang sekitar 44% dari total NPT tetap memberikan kontribusi yang signifikan terhadap inefisiensi proses. Oleh karena itu, pendekatan perbaikan tidak hanya difokuskan pada aktivitas *moving* sebagai prioritas utama (*high impact Improvement*), tetapi juga mencakup aktivitas *Operation* sebagai upaya perbaikan komprehensif dalam menurunkan total NPT. Dengan demikian, tahap *Define* tidak hanya mengidentifikasi besarnya permasalahan, tetapi juga menunjukkan arah perbaikan yang jelas, yaitu perlunya optimasi proses mobilisasi sebagai prioritas utama, disertai peningkatan efisiensi pada aktivitas operasi untuk mencapai perbaikan kinerja yang menyeluruh.

5.2 Pembahasan Measurement

Pada tahap Measure, dilakukan pengukuran kinerja operasi *well intervention* menggunakan indikator *Non-Productive Time* (NPT), *Availability*, *Performance*, *Quality*, serta *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) berdasarkan data historis periode 2020-2025. Hasil pengukuran menunjukkan adanya fluktuasi kinerja yang signifikan antar tahun, dengan kecenderungan penurunan performa pada periode 2023-2024.

5.2.1 Pembahasan *Tren Non-Productive Time* (NPT)

Persentase NPT menunjukkan nilai yang relatif tinggi pada periode 2020-2023, dengan nilai tertinggi terjadi pada tahun 2021 sebesar 32,07% dan tahun 2022 sebesar 31,52%. Nilai ini menunjukkan bahwa hampir sepertiga waktu operasi tidak menghasilkan progres teknis, sehingga mencerminkan tingkat inefisiensi yang signifikan.

Meskipun terjadi penurunan persentase NPT pada tahun 2024 menjadi 18,98% dan tahun 2025 menjadi 15,50%, penurunan ini tidak sepenuhnya merepresentasikan perbaikan kinerja secara absolut. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya total durasi operasi pada periode yang sama, sehingga akumulasi waktu tidak produktif tetap tinggi. Pada tahun 2024, total NPT mencapai 11.938 jam, yang merupakan nilai tertinggi selama periode penelitian.

Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan skala operasi tidak diimbangi dengan pengendalian efisiensi waktu, sehingga menyebabkan akumulasi kehilangan waktu yang tetap signifikan meskipun secara persentase terlihat menurun.

5.2.2 Pembahasan *Availability*

Nilai *Availability* menunjukkan pola yang berbanding terbalik dengan NPT. Nilai terendah terjadi pada tahun 2021 sebesar 68% dan tahun 2022 sebesar 69%, yang mengindikasikan rendahnya tingkat pemanfaatan waktu operasi akibat tingginya downtime.



Gambar 5. 1 Grafik *Availability*

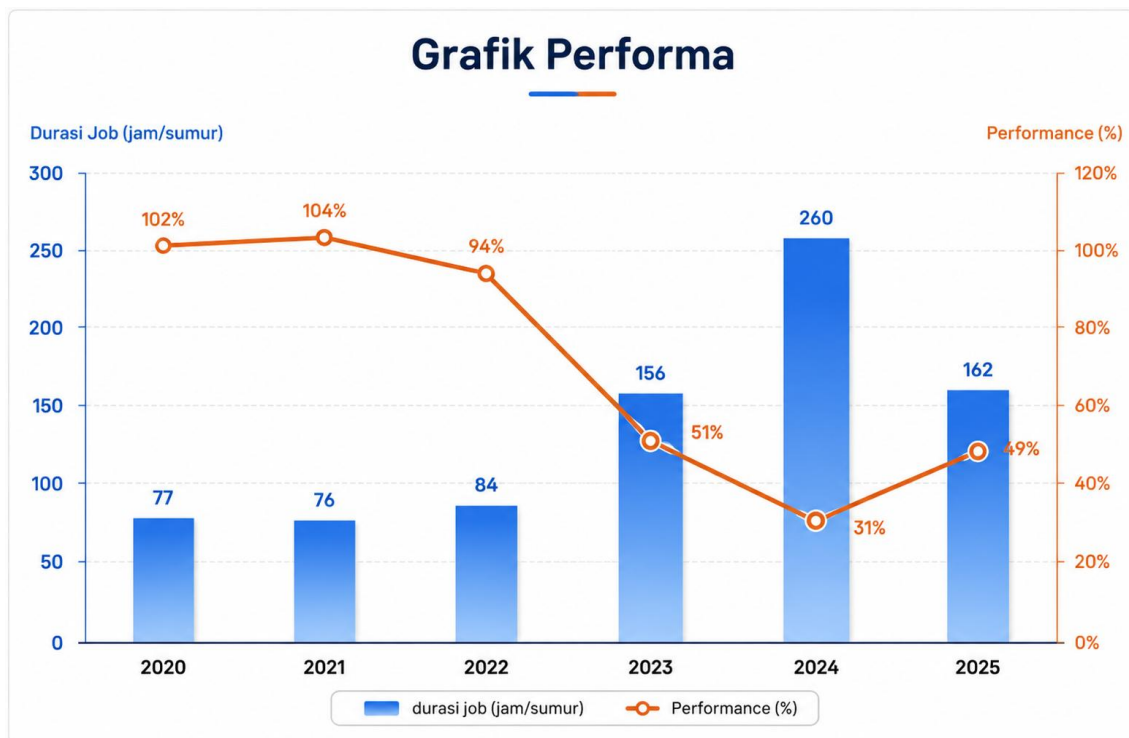
Pada tahun 2024 dan 2025, terjadi peningkatan *Availability* hingga mencapai 81% dan 84%. Meskipun demikian, nilai tersebut masih berada di bawah standar optimal industri yang umumnya berada pada kisaran 85% atau lebih. Hal ini menunjukkan bahwa

meskipun terdapat perbaikan, sistem operasi belum sepenuhnya mencapai kondisi efisiensi yang diharapkan.

Peningkatan *Availability* yang terjadi juga belum diikuti oleh peningkatan kinerja secara keseluruhan, sehingga menunjukkan bahwa waktu yang tersedia belum dimanfaatkan secara optimal dalam pelaksanaan pekerjaan.

5.2.3 Pembahasan *Performance*

Indikator *performance* menunjukkan perubahan yang paling signifikan dibandingkan indikator lainnya. Pada periode baseline tahun 2020-2022, nilai *performance* berada pada kisaran 94% hingga 104%, yang menunjukkan bahwa durasi pekerjaan masih berada dalam batas normal.



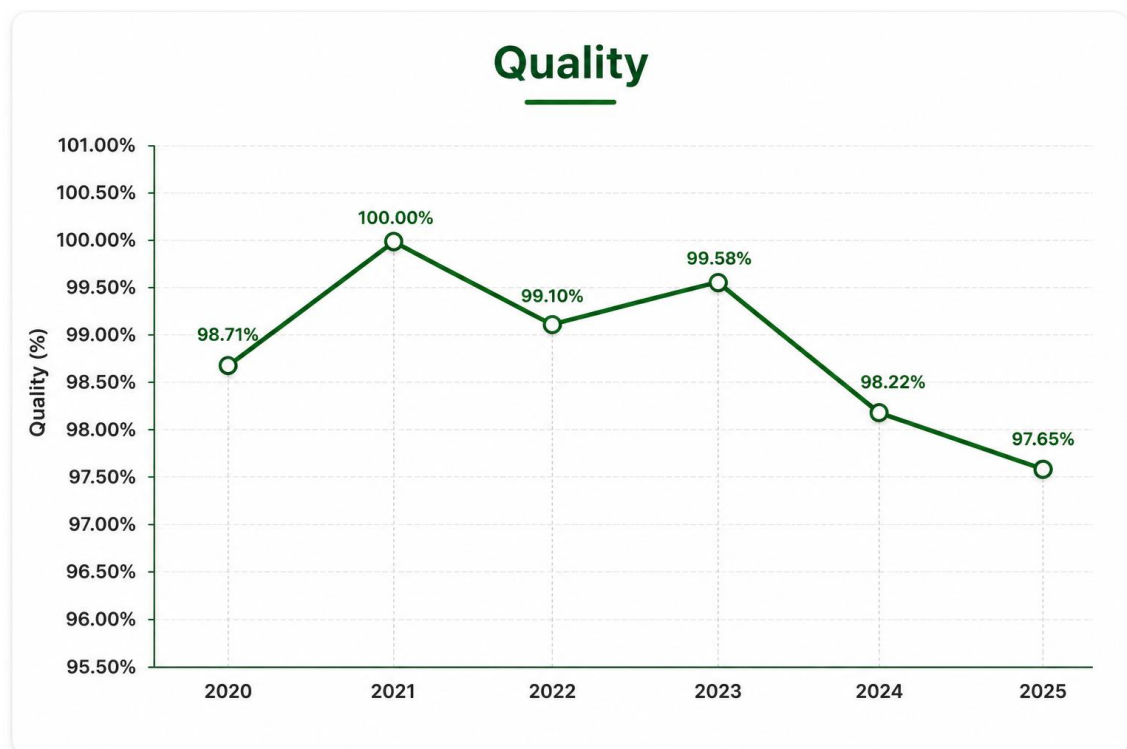
Gambar 5. 2 Grafik *Performance*

Namun, terjadi penurunan drastis pada periode berikutnya, yaitu menjadi 51% pada tahun 2023, 31% pada tahun 2024, dan 49% pada tahun 2025. Penurunan ini menunjukkan bahwa durasi pekerjaan aktual menjadi jauh lebih lama dibandingkan dengan kondisi *baseline*. Hal ini diperkuat oleh peningkatan durasi pekerjaan per Sumur yang meningkat dari kisaran 76-84 jam pada periode *baseline* menjadi 156 jam pada tahun 2023 dan mencapai 260 jam pada tahun 2024. Kondisi ini menunjukkan bahwa penurunan *performance* tidak hanya disebabkan oleh *downtime*, tetapi juga oleh penurunan efisiensi dalam pelaksanaan pekerjaan.

Dengan demikian, permasalahan yang terjadi tidak hanya berupa kehilangan waktu, tetapi juga berupa penurunan kecepatan kerja atau *diminished capacity* selama operasi berlangsung.

5.2.4 Pembahasan *Quality*

Nilai *Quality* menunjukkan kinerja yang relatif stabil dan tinggi sepanjang periode penelitian, dengan kisaran antara 97,65% hingga 100%. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar pekerjaan *well intervention* dapat diselesaikan dengan baik tanpa memerlukan pekerjaan ulang.

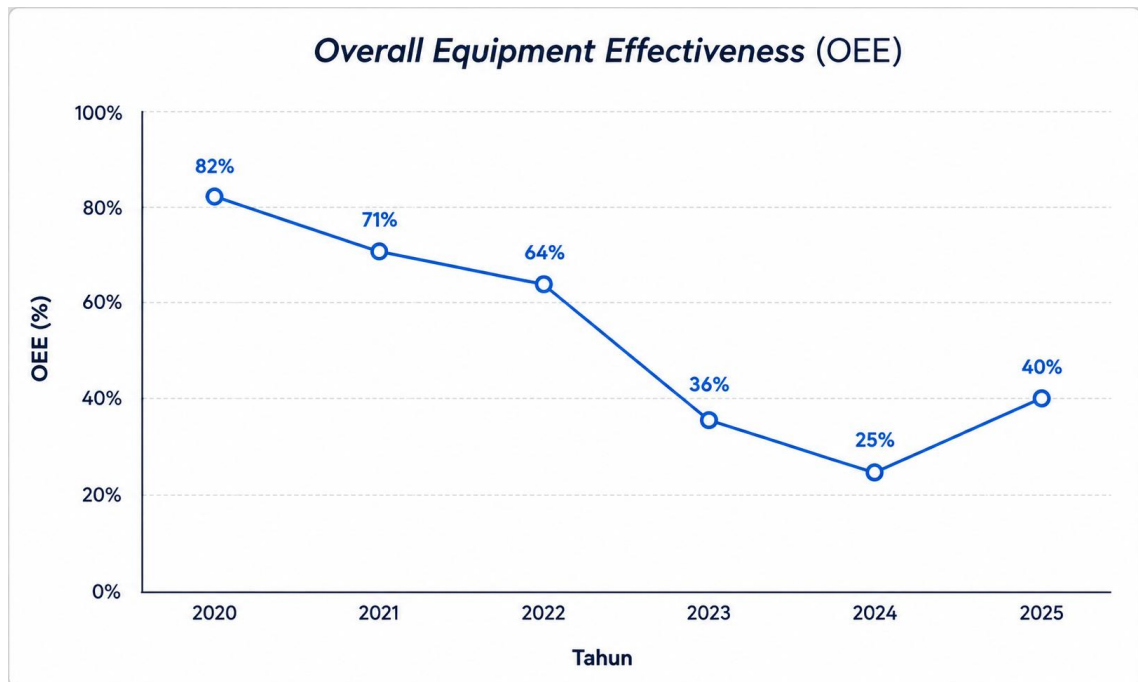


Gambar 5. 3 Grafik *Quality*

Meskipun terjadi sedikit penurunan pada tahun 2024 dan 2025, pengaruhnya terhadap kinerja keseluruhan relatif kecil dibandingkan dengan faktor *Availability* dan *performance*. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kualitas hasil pekerjaan bukan merupakan faktor utama yang menyebabkan rendahnya efektivitas operasi.

5.2.5 Pembahasan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

Nilai OEE menunjukkan tren penurunan yang signifikan setelah tahun 2022. Pada periode awal, nilai OEE masih berada pada kisaran 64% hingga 82%, namun mengalami penurunan drastis menjadi 36% pada tahun 2023 dan mencapai titik terendah sebesar 25% pada tahun 2024, sebelum meningkat kembali menjadi 40% pada tahun 2025.



Gambar 5. 4 Grafik OEE

Penurunan ini terutama dipengaruhi oleh turunnya nilai *performance* secara signifikan, meskipun *Availability* menunjukkan perbaikan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan waktu tersedia tidak diikuti oleh peningkatan efektivitas pelaksanaan pekerjaan.

Nilai OEE yang jauh di bawah standar optimal menunjukkan bahwa sistem operasi masih memiliki potensi perbaikan yang besar, khususnya dalam meningkatkan efisiensi waktu dan kestabilan durasi pekerjaan.

Secara keseluruhan, hasil pengukuran menunjukkan bahwa penurunan kinerja operasi disebabkan oleh kombinasi antara tingginya NPT dan rendahnya *performance*. Tingginya NPT menyebabkan berkurangnya waktu operasi efektif, sementara penurunan *performance* menunjukkan bahwa pekerjaan yang dilakukan juga membutuhkan waktu lebih lama dari kondisi normal.

Di sisi lain, nilai *Quality* yang relatif tinggi menunjukkan bahwa kualitas hasil pekerjaan tidak menjadi *Sumber* utama permasalahan. Dengan demikian, permasalahan utama dalam operasi *well intervention* terletak pada aspek efisiensi waktu dan pelaksanaan proses, bukan pada kualitas hasil pekerjaan.

Temuan ini menunjukkan bahwa perbaikan yang diperlukan tidak hanya berfokus pada pengurangan *downtime*, tetapi juga pada peningkatan efisiensi pelaksanaan pekerjaan agar durasi operasi dapat kembali mendekati kondisi optimal.

5.2.6 Pembahasan DPMO

Perhitungan *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) digunakan untuk mengevaluasi tingkat kegagalan proses operasi *well intervention* yang direpresentasikan melalui kejadian *rework*. Nilai DPMO menunjukkan jumlah cacat dalam satu juta peluang, sehingga semakin tinggi nilai DPMO, maka semakin rendah kapabilitas proses.

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai DPMO menunjukkan fluktuasi yang signifikan selama periode 2020-2025. Pada tahun 2020, nilai DPMO sebesar 1.175 dengan tingkat sigma 4,54, yang menunjukkan bahwa proses masih berada pada level kapabilitas menengah. Pada tahun 2021, nilai DPMO turun menjadi 0 dengan tingkat sigma mencapai 6,00, yang mengindikasikan tidak adanya *rework* yang tercatat pada periode tersebut. Namun, kondisi ini tidak mencerminkan kinerja proses secara keseluruhan, melainkan lebih disebabkan oleh jumlah pekerjaan yang relatif lebih sedikit serta kemungkinan variasi pencatatan data.

Pada tahun 2022 dan 2023, nilai DPMO masing-masing sebesar 818 dan 382 dengan tingkat sigma 4,66 dan 4,91. Penurunan DPMO pada periode ini menunjukkan adanya perbaikan kualitas hasil pekerjaan, di mana jumlah *rework* relatif rendah dibandingkan total pekerjaan yang meningkat.

Namun, terjadi peningkatan kembali pada tahun 2024 dan 2025, dengan nilai DPMO masing-masing sebesar 1.617 dan 2.132 serta tingkat sigma yang menurun menjadi 4,44 dan 4,36. Peningkatan ini menunjukkan adanya kenaikan jumlah *rework* yang signifikan, terutama pada tahun 2024 dengan 38 kasus *rework* dari 2.137 pekerjaan, serta tahun 2025 dengan 25 kasus *rework* dari 1.066 pekerjaan.

Meskipun demikian, jika dibandingkan dengan indikator lainnya, kontribusi kegagalan kualitas terhadap penurunan kinerja proses relatif lebih kecil. Hal ini terlihat dari nilai sigma yang masih berada pada kisaran 4,36-4,91, yang menunjukkan bahwa kapabilitas proses masih berada pada level cukup baik. Dengan kata lain, frekuensi kegagalan pekerjaan relatif rendah dan tidak menjadi faktor dominan dalam penurunan efektivitas operasi.

Temuan ini mengindikasikan bahwa permasalahan utama dalam operasi *well intervention* tidak terletak pada kualitas hasil pekerjaan, melainkan pada aspek efisiensi waktu, khususnya terkait tingginya *Non-Productive Time* (NPT) dan rendahnya performance. Dengan demikian, upaya perbaikan yang dilakukan sebaiknya lebih difokuskan pada

pengurangan *downtime* dan peningkatan efisiensi pelaksanaan pekerjaan, dibandingkan pada aspek kualitas yang secara umum sudah berada pada tingkat yang relatif baik.

5.2.7 Pembahasan *Analyze*

Tahap *Analyze* bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab utama tingginya *Non-Productive Time* (NPT) berdasarkan hasil pengukuran pada tahap *Measure*. Analisis dilakukan secara bertingkat menggunakan Pareto, *Fishbone*, FMEA, dan *5 Whys* untuk memastikan bahwa penyebab yang diidentifikasi tidak berhenti pada gejala, tetapi mencapai akar permasalahan yang bersifat sistemik dan dapat dikendalikan.

5.2.8 Pembahasan *Pareto NPT Moving*

Hasil analisis Pareto menunjukkan bahwa distribusi NPT *Moving* sangat terkonsentrasi pada sejumlah kecil kategori dominan. Tiga penyebab utama yaitu kondisi lokasi tidak selamat (56,70%), akses tidak aman melalui fasilitas umum (15,31%), dan permasalahan peralatan rig (8,23%) secara kumulatif menyumbang 80,24% dari total NPT *Moving*.

Dominasi satu kategori utama sebesar 56,70% menunjukkan bahwa lebih dari separuh keterlambatan mobilisasi disebabkan oleh satu faktor tunggal, yaitu kesiapan lokasi. Ini bukan distribusi normal, melainkan indikasi adanya bottleneck sistemik pada tahap awal mobilisasi.

Jika dibandingkan antara faktor pertama dan kedua, terdapat *gap* kontribusi yang sangat besar (56,70% VS 15,31%), yang menunjukkan bahwa permasalahan tidak tersebar merata, tetapi terpusat pada isu spesifik, yaitu ketidaksiapan fisik lokasi dan akses mobilisasi.

Faktor peralatan rig yang hanya berkontribusi 8,23% menunjukkan bahwa aspek teknis bukan penyebab utama keterlambatan mobilisasi. Dengan demikian, Sumber inefisiensi pada NPT *Moving* bukan berasal dari kegagalan alat, melainkan dari ketidaksiapan lingkungan kerja sebelum mobilisasi dimulai.

Interpretasi ini mengarah pada kesimpulan bahwa keterlambatan mobilisasi bukan masalah operasional saat eksekusi, tetapi masalah *pre-job readiness failure*, di mana mobilisasi dilakukan sebelum seluruh kondisi lokasi benar-benar siap.

5.2.9 Pembahasan *Pareto NPT Operation*

Pada NPT *Operation*, distribusi penyebab lebih menyebar dibandingkan NPT *Moving*. Lima kategori utama yaitu permasalahan peralatan rig (18,196%), hujan deras (14,652%), kondisi Sumur dan perubahan program (9,263%), ESP (9,009%), dan HES (8,483%) secara kumulatif menyumbang 59,602% dari total NPT *Operation*.

Untuk mencapai batas $\pm 80\%$, diperlukan lebih banyak kategori tambahan, yang menunjukkan bahwa penyebab NPT *Operation* bersifat *multifactor*, tidak terpusat pada satu faktor dominan seperti pada NPT *Moving*.

Namun, tidak semua faktor tersebut relevan untuk perbaikan. Faktor seperti hujan deras (14,652%) merupakan variabel eksternal yang tidak dapat dikendalikan secara langsung. Dengan mengeluarkan faktor *uncontrollable* tersebut, maka fokus analisis berpindah ke faktor yang berada dalam kendali operasional, yaitu:

- Permasalahan peralatan *rig*
- Kondisi Sumur dan perubahan program
- ESP
- HES
- Kondisi lokasi

Jika hanya faktor yang dapat dikendalikan yang diperhitungkan, maka proporsi penyebab yang dapat diintervensi menjadi lebih signifikan terhadap total NPT *Operation*. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan Pareto dalam penelitian ini tidak hanya berbasis kontribusi durasi, tetapi juga mempertimbangkan *controllability*, sehingga strategi perbaikan yang dihasilkan bersifat realistis dan implementatif.

5.2.10 Pembahasan *Fishbone* NPT *Moving*

Hasil *Fishbone* menunjukkan bahwa keterlambatan mobilisasi tidak disebabkan oleh kegagalan teknis *rig*, melainkan oleh ketidaksinkronan antara kesiapan lokasi dan eksekusi mobilisasi.

Pareto sebelumnya menunjukkan dominasi faktor lokasi (56,70%), dan *Fishbone* memperjelas bahwa masalah tersebut berasal dari ketidaksesuaian antara jadwal mobilisasi dan kesiapan aktual lokasi. Keterlambatan terjadi karena mobilisasi tetap dilakukan sesuai jadwal, meskipun kondisi lokasi belum siap secara fisik (akses, pemadatan, *clearance*). Akibatnya, *rig* dan *support* unit mengalami *idle time*.

Selain itu, kapasitas support unit seperti dozer, tandem, dan crane bersifat terbatas dan digunakan secara bersama (*shared Resource*). Ketika beberapa lokasi melakukan mobilisasi secara bersamaan, terjadi antrean (*queue effect*) yang tidak dapat dihindari. Karena proses mobilisasi bersifat berurutan (*sequential process*), keterlambatan pada satu titik akan berdampak langsung pada seluruh rangkaian berikutnya. Ini menjelaskan mengapa *delay* kecil dapat berkembang menjadi keterlambatan yang signifikan. Dengan

demikian, *Fishbone* mengkonfirmasi bahwa NPT *Moving* adalah masalah kapasitas dan sinkronisasi sistem, bukan masalah teknis peralatan.

5.2.11 Pembahasan *Fishbone* NPT *Operation*

Pada fase operasi, *Fishbone* menunjukkan bahwa penyebab keterlambatan tidak berasal dari satu faktor tunggal, melainkan dari interaksi antara kondisi Sumur, performa peralatan, dan dinamika eksekusi.

Pareto menunjukkan kontribusi signifikan dari peralatan *rig* (18,196%) dan kondisi Sumur (9,263%). *Fishbone* memperjelas bahwa kedua faktor ini saling berkaitan, di mana perubahan kondisi Sumur menyebabkan penyesuaian metode kerja dan meningkatkan beban pada peralatan.

Selain itu, perubahan *Scope* pekerjaan selama operasi menyebabkan kebutuhan *Resource* tambahan yang tidak selalu tersedia secara langsung. Hal ini menghasilkan waiting time yang terakumulasi sebagai NPT.

Berbeda dengan *Moving*, NPT *Operation* lebih mencerminkan gap antara perencanaan dan kondisi aktual lapangan, di mana baseline pekerjaan tidak mampu mengakomodasi dinamika operasional.

5.2.12 Pembahasan FMEA NPT *Moving*

Hasil FMEA menunjukkan bahwa risiko tertinggi pada NPT *Moving* adalah kompleksitas koordinasi lintas tim (RPN = 175). Nilai ini lebih tinggi dibandingkan faktor teknis lainnya, yang menunjukkan bahwa *Sumber* risiko utama berasal dari aspek koordinasi, bukan kondisi fisik semata.

Pada level sub-problem, faktor decision alignment multi pihak (RPN = 175) kembali muncul sebagai risiko tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa keterlambatan bukan hanya karena kondisi lokasi, tetapi karena keputusan mobilisasi bergantung pada banyak pihak yang tidak terintegrasi dalam satu sistem.

Dengan kata lain, keterlambatan terjadi bukan karena pekerjaan tidak bisa dilakukan, tetapi karena keputusan untuk memulai pekerjaan tertunda.

5.2.13 Pembahasan FMEA NPT *Operation*

Pada NPT *Operation*, nilai RPN tertinggi terdapat pada ketidaksesuaian kondisi Sumur dengan perencanaan (RPN = 360). Nilai ini jauh lebih tinggi dibandingkan faktor lainnya, yang menunjukkan bahwa ketidakpastian kondisi Sumur merupakan risiko paling kritis dalam operasi.

Pada level sub-problem, kondisi lubang Sumur tidak stabil memiliki RPN sebesar 288, yang menunjukkan bahwa faktor subsurface memiliki dampak langsung terhadap durasi operasi.

Ini berarti bahwa meskipun peralatan dan metode sudah sesuai, ketidakpastian kondisi Sumur tetap dapat menyebabkan deviasi waktu yang signifikan.

5.2.14 Pembahasan 5 *Whys Moving*

Berdasarkan hasil FMEA, failure mode dengan nilai risiko tertinggi pada NPT *Moving* adalah *decision alignment* yang melibatkan multi pihak dengan nilai RPN sebesar 175. Hal ini menunjukkan bahwa keterlambatan mobilisasi tidak hanya disebabkan oleh kondisi teknis di lapangan, tetapi oleh proses koordinasi yang kompleks sebelum eksekusi dimulai.

Hasil penelusuran 5 *Whys* menunjukkan bahwa keterlambatan mobilisasi terjadi karena keputusan untuk memulai mobilisasi baru dapat dilakukan setelah seluruh fungsi menyatakan kesiapan. Proses ini bersifat saling bergantung (*interdependent*), sehingga ketidaksiapan pada satu fungsi, seperti akses lokasi, ketersediaan support unit, atau clearance keselamatan, secara langsung menahan keseluruhan rangkaian mobilisasi.

Permasalahan utama terletak pada mekanisme verifikasi kesiapan yang masih dilakukan secara parsial oleh masing-masing fungsi tanpa mempertimbangkan keterkaitan antar aktivitas dalam satu jalur mobilisasi. Setiap fungsi melakukan validasi berdasarkan progres internalnya, sehingga tidak ada titik kontrol yang memastikan seluruh elemen kritis telah siap secara bersamaan sebelum mobilisasi dimulai.

Akibatnya, mobilisasi sering dijalankan dalam kondisi kesiapan yang tidak lengkap, yang menyebabkan terjadinya waiting time di lapangan. Karena proses mobilisasi bersifat berurutan dan tidak dapat dipercepat (*loading-transport-spotting* memiliki durasi minimum operasional), maka keterlambatan kecil pada satu titik berkembang menjadi delay yang lebih besar pada keseluruhan rangkaian aktivitas.

Dengan demikian, akar penyebab utama NPT *Moving* bukan terletak pada faktor teknis atau keterbatasan alat, melainkan pada tidak adanya sistem pengendalian readiness yang mengintegrasikan seluruh fungsi dalam satu mekanisme berbasis *critical path*. Ketidakterpaduan ini menyebabkan ketidaksiapan parsial berkembang menjadi *idle time* yang berulang dan terakumulasi sebagai NPT.

5.2.15 Pembahasan 5 Whys Operation

Pada NPT *Operation*, hasil FMEA menunjukkan bahwa failure mode dengan nilai risiko tertinggi adalah ketidaksesuaian kondisi Sumur dengan perencanaan awal dengan nilai RPN sebesar 360. Nilai ini menunjukkan bahwa faktor subsurface memiliki pengaruh paling besar terhadap ketidakstabilan durasi operasi.

Hasil analisis 5 Whys menunjukkan bahwa keterlambatan selama operasi terjadi karena kondisi aktual Sumur, seperti perubahan tekanan, adanya scale, masuknya pasir, atau degradasi integritas lubang, tidak sesuai dengan asumsi yang digunakan dalam perencanaan awal. Ketidaksesuaian ini menyebabkan terjadinya gangguan teknis selama operasi, seperti restriksi, *debris movement*, atau hambatan saat proses *running* dan *pulling tool*, yang berdampak langsung pada penambahan durasi pekerjaan.

Permasalahan ini tidak muncul secara tiba-tiba, tetapi disebabkan oleh keterbatasan proses verifikasi kondisi Sumur sebelum operasi. Pendekatan readiness yang digunakan masih lebih berfokus pada kesiapan peralatan dan program kerja, sementara kondisi Sumur yang bersifat dinamis tidak sepenuhnya dapat diprediksi hanya berdasarkan data historis.

Akibatnya, perubahan kondisi Sumur baru teridentifikasi saat operasi berlangsung, sehingga membutuhkan penyesuaian metode kerja, tambahan *Resource*, atau bahkan perubahan program. Proses penyesuaian ini menyebabkan terjadinya delay yang tidak direncanakan dan berkontribusi terhadap NPT *Operation*.

Dengan demikian, akar penyebab utama NPT *Operation* adalah ketidaksesuaian antara data perencanaan berbasis historis dengan kondisi aktual Sumur yang bersifat dinamis, sehingga perencanaan yang dibuat tidak sepenuhnya representatif terhadap kondisi lapangan saat eksekusi.

5.3 Pembahasan Improve

Tahap *Improve* dilakukan untuk menentukan strategi perbaikan yang paling efektif dalam menurunkan *Non-Productive Time* (NPT) berdasarkan akar penyebab yang telah diidentifikasi pada tahap *Analyze*. Pendekatan yang digunakan adalah integrasi metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk pembobotan kriteria dan menentukan prioritas alternatif berdasarkan nilai preferensi antar alternatif.

5.3.1 Pembahasan Improve NPT Moving

Hasil pembobotan AHP pada kategori *moving* menunjukkan bahwa ketiga responden memiliki pola prioritas yang konsisten, dengan kriteria dampak terhadap penurunan NPT

sebagai faktor dominan. Nilai bobot yang diberikan masing-masing responden adalah 0,6194 (Responden 1), 0,6814 (Responden 2), dan 0,7606 (Responden 3).

Perbedaan nilai ini menunjukkan bahwa Responden 3 memberikan penekanan paling tinggi terhadap dampak langsung terhadap penurunan downtime, sedangkan Responden 1 dan 2 masih mempertimbangkan keseimbangan dengan kriteria lainnya. Namun demikian, selisih antar responden tidak mengubah urutan prioritas, sehingga dapat dikatakan bahwa persepsi terhadap kriteria utama bersifat konsisten.

Kriteria kemudahan implementasi berada pada bobot menengah, sedangkan pengendalian interdependensi *Resource* memiliki bobot terendah (sekitar 0,08-0,10 pada seluruh responden). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun konflik *Resource* merupakan akar permasalahan pada tahap *Analyze*, responden menilai bahwa faktor tersebut lebih sulit dikendalikan secara langsung dibandingkan strategi yang memberikan dampak cepat terhadap penurunan NPT.

Hasil perhitungan bobot global pada masing-masing responden menunjukkan pola yang relatif seragam, di mana alternatif berbasis *Monitoring* dan pengendalian kapasitas memiliki nilai tertinggi.

Responden 1 menempatkan *Real-Time Mobilization Tracking* sebagai alternatif dengan bobot global tertinggi, diikuti oleh *Centralized Support Capacity Planning*. Responden 2 menunjukkan distribusi bobot yang lebih merata, namun tetap mempertahankan urutan prioritas yang sama. Responden 3 memberikan bobot yang lebih terfokus pada alternatif dengan dampak langsung, sehingga selisih antar alternatif menjadi lebih signifikan.

Jika dilakukan agregasi menggunakan rata-rata, diperoleh bobot akhir sebagai berikut:

- *Real-Time Mobilization Tracking* = 0,3564
- *Centralized Support Capacity Planning* = 0,2192
- *Production & Rig Suitability Based Mobilization Planning* = 0,1539
- *Structured Moving Sequencing* = 0,1402
- *Integrated Mobilization Readiness Check* = 0,1304

Selisih bobot antara alternatif pertama dan kedua sebesar 0,1372 menunjukkan bahwa alternatif utama memiliki keunggulan yang signifikan dan bukan sekadar perbedaan kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa secara kolektif, ketiga responden

sepakat bahwa strategi berbasis *Monitoring Real-Time* merupakan pendekatan paling efektif dalam mengatasi permasalahan mobilisasi.

5.3.2 Pembahasan *Improve NPT Operation*

Hasil pembobotan AHP pada kategori *Operation* menunjukkan bahwa ketiga responden memiliki pola prioritas yang konsisten, dengan kriteria dampak terhadap penurunan NPT operasi sebagai faktor dominan. Nilai bobot yang diberikan masing-masing responden adalah 0,5203 (Responden 1), 0,5487 (Responden 2), dan 0,5721 (Responden 3).

Perbedaan nilai tersebut menunjukkan bahwa Responden 3 memberikan penekanan yang lebih tinggi terhadap dampak langsung terhadap pengurangan *downtime* selama operasi, sedangkan Responden 1 dan 2 masih mempertimbangkan keseimbangan dengan kriteria lainnya. Namun demikian, selisih antar responden relatif kecil ($\pm 0,05$), sehingga tidak mengubah urutan prioritas kriteria. Hal ini menunjukkan bahwa persepsi terhadap faktor utama pada fase operasi bersifat seragam.

Kriteria kedua, yaitu kemampuan mengurangi ketidakpastian kondisi Sumur, memiliki bobot sebesar 0,2146 (Responden 1), 0,2073 (Responden 2), dan 0,2215 (Responden 3). Nilai ini menunjukkan bahwa sekitar seperlima keputusan ditentukan oleh kemampuan strategi dalam mengantisipasi dinamika kondisi subsurface, yang sejalan dengan hasil *Analyze* sebelumnya (RPN = 360 sebagai risiko tertinggi).

Sementara itu, kriteria kemudahan implementasi operasional memiliki bobot yang lebih rendah dibandingkan dua kriteria utama, sehingga menunjukkan bahwa pada fase *Operation*, keputusan lebih didorong oleh efektivitas teknis dibandingkan kemudahan pelaksanaan.

Hasil perhitungan bobot global menunjukkan bahwa ketiga responden menghasilkan pola prioritas alternatif yang relatif konsisten, meskipun terdapat perbedaan tingkat distribusi bobot.

Responden 1 menempatkan *Real-Time Operational Monitoring* sebagai alternatif dengan bobot global tertinggi, diikuti oleh *Structured Contingency planning*. Hal ini menunjukkan bahwa responden menilai strategi berbasis *Monitoring* selama operasi memiliki kemampuan paling tinggi dalam mengurangi deviasi kondisi Sumur.

Responden 2 menunjukkan distribusi bobot yang lebih merata antar alternatif, namun tetap mempertahankan urutan prioritas yang sama. Hal ini mengindikasikan bahwa responden mempertimbangkan keseimbangan antara kesiapan perencanaan dan kemampuan adaptasi selama operasi.

Responden 3 memberikan bobot yang lebih terkonsentrasi pada alternatif dengan dampak langsung terhadap penurunan NPT, sehingga selisih antar alternatif menjadi lebih signifikan dibandingkan responden lainnya.

Meskipun terdapat variasi dalam distribusi bobot, ketiga responden tetap menghasilkan urutan prioritas yang konsisten, sehingga menunjukkan bahwa preferensi terhadap alternatif bersifat stabil.

Untuk memperoleh hasil yang lebih representatif, dilakukan agregasi bobot global dari ketiga responden menggunakan nilai rata-rata. Hasil agregasi menunjukkan bahwa:

- *Structured Contingency & Resource Readiness Planning* = 0,3823
- *Enhanced Pre-job Well Condition Verification* = 0,2816
- *Risk-Based Well Condition Classification* = 0,2258
- *Real-Time Operational Risk Monitoring* = 0,1102

Selisih bobot antara alternatif pertama dan kedua sebesar 0,1007 menunjukkan bahwa alternatif utama memiliki keunggulan yang jelas, meskipun tidak bersifat dominan secara ekstrem. Hal ini menunjukkan bahwa pada fase *Operation*, distribusi kontribusi alternatif masih relatif merata, sehingga tidak terdapat satu solusi yang sepenuhnya mendominasi.

Dominasi alternatif *Structured Contingency & Resource Readiness Planning* menunjukkan bahwa pendekatan berbasis kesiapan skenario dan perencanaan *Resource* menjadi faktor utama dalam mengurangi potensi NPT pada fase *Operation*. Hal ini mengindikasikan bahwa strategi yang bersifat preventif sebelum pelaksanaan operasi memiliki peran yang lebih signifikan dibandingkan strategi yang bersifat *Monitoring* selama operasi berlangsung.

5.3.3 Pembahasan VAA, OEE Usulan, dan Projected Loss

5.3.3.1 Pembahasan Value Added Analysis (VAA)

Hasil *Value Added Analysis* menunjukkan bahwa strategi perbaikan memberikan dampak yang berbeda pada aktivitas *moving* dan *operation* ketika dianalisis menggunakan pendekatan distribusi data historis. Pada aktivitas *moving*, penerapan strategi *Real-Time Mobilization Tracking* menghasilkan estimasi penurunan NPT sebesar 26%. Nilai ini mencerminkan adanya kesenjangan kinerja antara kondisi operasional tipikal dan kondisi yang lebih efisien yang telah tercapai pada sebagian data historis. Secara operasional, hal ini mengindikasikan bahwa keterlambatan pada fase mobilisasi masih memiliki ruang

perbaikan yang cukup besar, terutama melalui peningkatan visibilitas pergerakan unit dan pengendalian waktu mobilisasi secara *real-time*.

Pada aktivitas *operation*, strategi *Structured Contingency & Resource Readiness Planning* menghasilkan estimasi penurunan NPT sebesar 30%. Hasil ini menunjukkan bahwa pemborosan waktu pada fase operasi lebih banyak dipengaruhi oleh kesiapan teknis dan perencanaan sebelum eksekusi, seperti kondisi sumur, ketersediaan peralatan, serta kesiapan sumber daya pendukung. Dengan adanya perencanaan kontingensi yang lebih terstruktur, potensi gangguan selama operasi dapat diminimalkan, sehingga durasi pekerjaan dapat dikendalikan lebih baik.

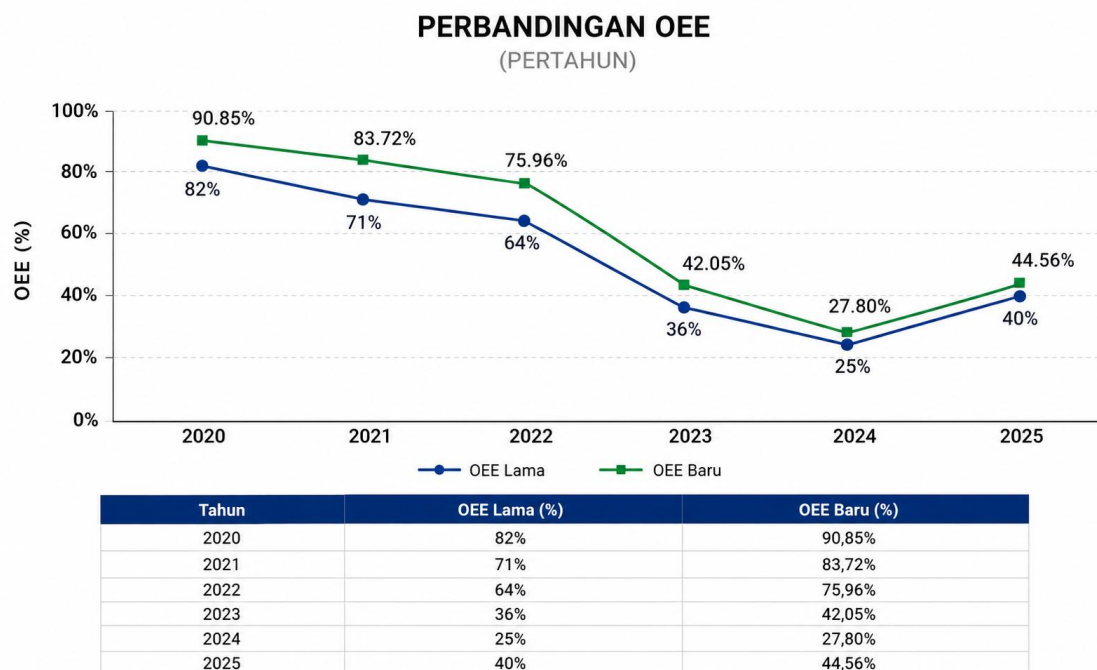
Perbedaan besaran penurunan antara kedua aktivitas tersebut mencerminkan karakteristik operasional yang berbeda. Aktivitas *moving* lebih terkait dengan aspek logistik dan koordinasi, sehingga perbaikannya berfokus pada peningkatan sistem monitoring dan sinkronisasi antar aktivitas. Sementara itu, aktivitas *operation* lebih dipengaruhi oleh faktor teknis dan ketidakpastian kondisi lapangan, sehingga membutuhkan pendekatan perencanaan yang lebih komprehensif untuk mengurangi potensi deviasi selama pelaksanaan.

Secara keseluruhan, dampak implementasi strategi perbaikan dihitung dengan mempertimbangkan proporsi kontribusi masing-masing aktivitas terhadap total NPT. Aktivitas *moving* memberikan kontribusi penurunan sebesar 14,56%, sedangkan aktivitas *operation* memberikan kontribusi sebesar 13,20%, sehingga total estimasi penurunan NPT mencapai 27,76%. Nilai ini menunjukkan bahwa perbaikan yang diusulkan tidak hanya efektif pada masing-masing aktivitas secara individual, tetapi juga memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi operasional secara agregat. Pendekatan berbasis distribusi data historis yang digunakan dalam analisis ini memastikan bahwa estimasi penurunan yang dihasilkan bersifat realistis dan mencerminkan kondisi operasional aktual, sehingga dapat dijadikan dasar yang kuat dalam pengambilan keputusan perbaikan proses.

5.3.3.2 Pembahasan OEE Usulan

Peningkatan kinerja operasi setelah implementasi strategi perbaikan tercermin dari perubahan nilai OEE usulan pada setiap tahun, dengan pola peningkatan yang menunjukkan hubungan langsung antara reduksi NPT dan efektivitas pemanfaatan waktu operasi. Pada tahun 2020, nilai OEE meningkat dari 82% menjadi 90,85%, dengan kenaikan sebesar 8,85%. Peningkatan ini terutama dipengaruhi oleh perbaikan

Availability yang cukup signifikan, sehingga waktu operasi yang sebelumnya hilang dapat dikonversi menjadi waktu produktif.



Gambar 5. 5 Grafik Perbandingan OEE Eksisting dan Usulan

Pada tahun 2021, OEE meningkat dari 71% menjadi 83,72%, dengan kenaikan sebesar 12,72%, yang merupakan peningkatan tertinggi selama periode analisis. Besarnya peningkatan ini menunjukkan bahwa pada kondisi awal dengan *Availability* yang relatif rendah, pengurangan NPT memberikan dampak yang lebih besar terhadap kinerja operasi. Dengan kata lain, semakin besar proporsi waktu hilang pada kondisi awal, semakin besar pula potensi peningkatan yang dapat dicapai melalui perbaikan.

Pada tahun 2022, OEE meningkat dari 64% menjadi 75,96% (kenaikan sebesar 11,96%). Meskipun peningkatan masih tergolong tinggi, besarnya mulai menunjukkan penurunan dibandingkan tahun sebelumnya, yang mengindikasikan bahwa sebagian pemborosan dominan telah berhasil dikurangi. Pada tahun 2023, OEE meningkat dari 36% menjadi 42,05%, dengan kenaikan sebesar 6,05%. Nilai ini masih relatif rendah dibandingkan periode sebelumnya, yang menunjukkan bahwa meskipun *Availability* mengalami peningkatan, kinerja operasi masih dibatasi oleh faktor lain dalam sistem.

Pada tahun 2024, OEE meningkat dari 25% menjadi 27,80%, dengan kenaikan sebesar 2,80%, yang merupakan peningkatan terendah selama periode analisis. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pengurangan NPT tetap memberikan kontribusi positif, dampaknya terhadap kinerja total menjadi terbatas ketika kondisi operasional berada pada

tingkat efisiensi yang rendah. Pada tahun 2025, OEE meningkat dari 40% menjadi 44,56%, dengan kenaikan sebesar 4,56%, yang menunjukkan adanya perbaikan berkelanjutan meskipun belum mencapai tingkat peningkatan seperti pada periode awal. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa implementasi strategi perbaikan mampu meningkatkan OEE secara konsisten di seluruh periode pengamatan. Namun, besarnya peningkatan yang dihasilkan tidak seragam dan cenderung lebih tinggi pada kondisi awal yang memiliki tingkat kehilangan waktu yang besar. Hal ini mengindikasikan bahwa efektivitas perbaikan sangat dipengaruhi oleh kondisi dasar sistem, di mana reduksi NPT memberikan dampak yang lebih signifikan ketika tingkat inefisiensi awal masih tinggi, dan menjadi lebih terbatas ketika sistem mulai mendekati kondisi yang lebih stabil.

5.3.3.3 Pembahasan *Projected Expected Loss*

Dampak ekonomi dari implementasi strategi perbaikan dianalisis melalui perhitungan *Projected Expected Loss*, yang merepresentasikan nilai kerugian yang dapat dihindari seiring dengan berkurangnya NPT. Dengan menggunakan estimasi penurunan NPT sebesar 27,76%, hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *loss reduction* meningkat secara signifikan pada periode dengan total NPT yang tinggi.

Pada tahun 2020, pengurangan NPT sebesar 1.043,09 jam menghasilkan penghematan sebesar \$588,672. Nilai ini meningkat pada tahun 2021 menjadi \$1,253,210 seiring dengan kombinasi antara peningkatan NPT yang berhasil direduksi dan harga minyak yang lebih tinggi. Pada tahun 2022, penghematan mencapai \$2,449,200, yang menunjukkan bahwa pengaruh harga minyak sebesar \$100/bbl memberikan kontribusi signifikan terhadap nilai ekonomi yang dihasilkan.

Pada tahun 2023, nilai penghematan meningkat menjadi \$3,520,752, yang mencerminkan tingginya aktivitas operasi dengan total NPT yang besar. Tren ini berlanjut pada tahun 2024, di mana nilai *loss reduction* mencapai \$3,670,640, sebagai nilai tertinggi selama periode analisis. Meskipun secara persentase NPT tidak selalu meningkat, besarnya total durasi operasi menyebabkan volume oil saved yang dihasilkan menjadi lebih tinggi, sehingga berdampak langsung pada peningkatan nilai ekonomi.

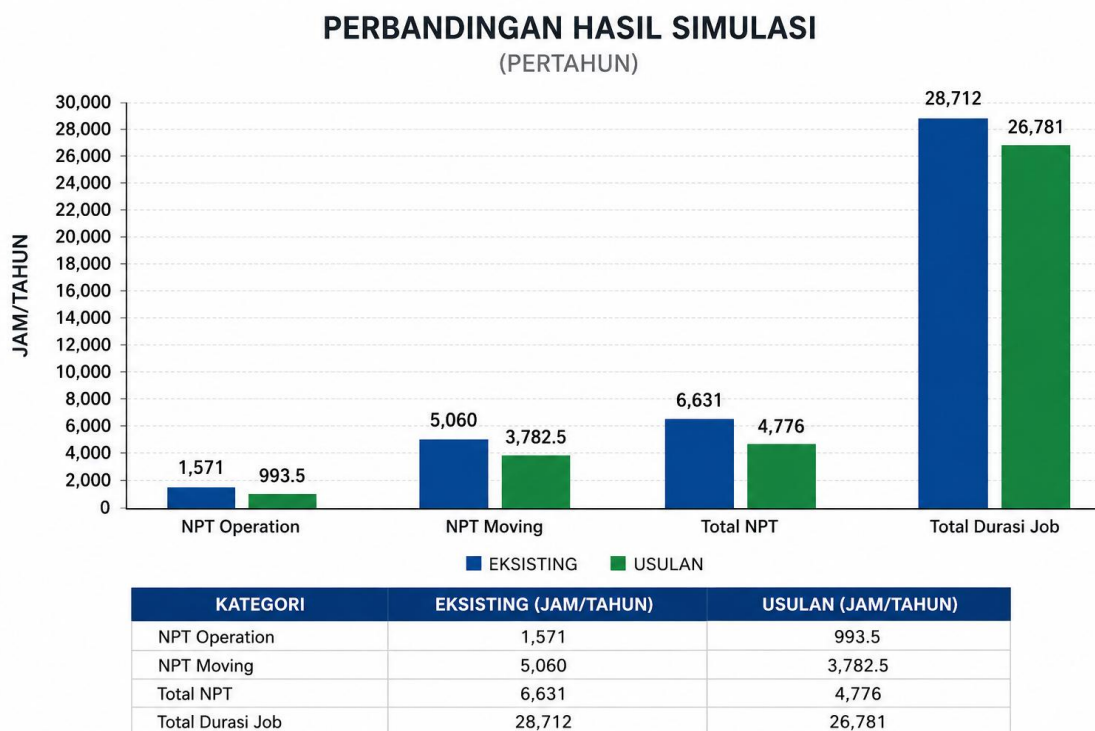
Pada tahun 2025, nilai penghematan sebesar \$1,603,524 menunjukkan bahwa meskipun total NPT lebih rendah dibandingkan tahun sebelumnya, dampak ekonomi tetap signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *loss reduction* tidak hanya dipengaruhi

oleh besarnya NPT yang direduksi, tetapi juga oleh faktor eksternal seperti harga minyak dan volume produksi yang dapat diselamatkan.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa pengurangan NPT memberikan dampak ekonomi yang langsung dan terukur. Semakin besar jumlah waktu tidak produktif yang berhasil dikurangi, semakin besar pula potensi produksi yang dapat dipertahankan, yang pada akhirnya meningkatkan nilai ekonomi operasi secara keseluruhan.

5.3.4 Pembahasan Model BPMN

Pembahasan model BPMN dilakukan untuk menganalisis alur proses *operasi well intervention* pada kondisi eksisting dan usulan perbaikan, sehingga dapat diketahui perubahan proses yang berpengaruh terhadap penurunan *Non-Productive Time* (NPT) dan peningkatan efektivitas operasi.



Gambar 5. 6 Grafik Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil simulasi BPMN, implementasi model usulan menunjukkan adanya peningkatan efektivitas proses operasi well intervention dibandingkan kondisi eksisting. Total durasi job berhasil mengalami penurunan dari 28.712 jam/tahun menjadi 26.781 jam/tahun atau mengalami reduksi sebesar 7%. Penurunan ini menunjukkan bahwa usulan perbaikan yang diterapkan mampu mengurangi aktivitas *non-value added* serta meminimalkan keterlambatan proses operasi. Selain itu, total NPT juga mengalami penurunan dari 6.631 jam/tahun menjadi 4.776 jam/tahun atau berkurang sekitar 27,98%.

Pada kategori *NPT Operation* terjadi penurunan dari 1.571 jam/tahun menjadi 993,5 jam/tahun dengan reduksi sebesar 36,76%, yang menunjukkan bahwa perbaikan pada aspek koordinasi operasi, penyesuaian program kerja, dan pengurangan *rework* mampu meningkatkan kelancaran operasi. Sementara itu, *NPT Moving* mengalami penurunan dari 5.060 jam/tahun menjadi 3.782,5 jam/tahun atau berkurang sebesar 25,25%, yang mengindikasikan bahwa usulan perbaikan pada kesiapan lokasi, *equipment readiness*, dan pengendalian mobilisasi *rig* mampu mengurangi keterlambatan proses *moving* secara signifikan. Secara keseluruhan, hasil simulasi menunjukkan bahwa model usulan memberikan dampak positif terhadap efisiensi operasi dan peningkatan performa proses *well intervention*.

5.4 Pembahasan Control

Tahap *Control* dirancang untuk memastikan bahwa strategi perbaikan yang telah diprioritaskan melalui integrasi metode AHP dapat diimplementasikan secara konsisten, terukur, dan berkelanjutan dalam operasi *well intervention*. Fokus utama pengendalian adalah menjaga keberlanjutan penurunan *Non-Productive Time* (NPT) melalui sistem *Monitoring* terintegrasi, pengendalian berbasis indikator kinerja, serta mekanisme respon terhadap deviasi operasional.

5.4.1 Pembahasan PDCA

Sistem pengendalian NPT dirancang menggunakan pendekatan Plan–Do–Check–Act (PDCA) untuk memastikan bahwa perbaikan yang diusulkan tidak hanya berhenti pada tahap rekomendasi, tetapi dapat dikendalikan dan dipertahankan dalam implementasi operasional. Setiap fase dalam PDCA memiliki fungsi spesifik yang saling terhubung, membentuk mekanisme pengendalian yang bersifat *closed-loop*.

Pada tahap Plan, fokus utama terletak pada kesiapan sebelum operasi dimulai. Aktivitas seperti validasi kondisi sumur dan equipment, penyusunan contingency plan, serta verifikasi ketersediaan resource dilakukan untuk mengurangi ketidakpastian yang berpotensi menimbulkan delay. Penentuan jalur mobilisasi juga menjadi bagian penting karena secara langsung memengaruhi durasi moving. Pada tahap ini, sumber potensi deviasi sudah diantisipasi sejak awal, sehingga risiko terjadinya NPT dapat ditekan sebelum operasi berlangsung.

Tahap Do berfungsi sebagai fase eksekusi yang dikontrol secara aktif. Monitoring mobilisasi secara real-time memungkinkan deteksi langsung terhadap deviasi waktu, sehingga tindakan korektif seperti re-route atau reschedule dapat segera dilakukan. Selain

itu, pengendalian *planned vs actual execution* dan monitoring kondisi sumur memastikan bahwa pelaksanaan pekerjaan tetap berada dalam batas rencana. Pada fase ini, pengendalian tidak bersifat pasif, tetapi dilakukan secara kontinu untuk menjaga stabilitas operasi.

Tahap Check berperan sebagai mekanisme evaluasi berbasis data. Parameter utama yang dimonitor meliputi NPT, Availability, dan OEE, yang masing-masing merepresentasikan kehilangan waktu, pemanfaatan waktu operasi, dan efektivitas sistem secara keseluruhan. Monitoring dilakukan dengan frekuensi yang berbeda sesuai karakteristik indikator, mulai dari real-time hingga bulanan. Selain itu, identifikasi root cause residual dilakukan untuk mengetahui penyebab NPT yang masih tersisa setelah implementasi perbaikan, sehingga evaluasi tidak hanya berhenti pada hasil, tetapi juga pada penyebabnya.

Tahap Act merupakan fase tindak lanjut yang memastikan bahwa hasil evaluasi diterjemahkan menjadi perbaikan nyata. Mekanisme eskalasi deviasi dibagi menjadi tiga level untuk menyesuaikan respons dengan tingkat penyimpangan. Deviasi kecil ditangani langsung di lapangan, deviasi menengah melibatkan supervisor, sedangkan deviasi besar memerlukan intervensi engineer hingga perancangan ulang rencana operasi. Selain itu, hasil evaluasi digunakan sebagai feedback untuk memperbarui perencanaan, termasuk revisi *contingency plan* dan optimasi kinerja berdasarkan KPI seperti *Availability* dan OEE.

Secara keseluruhan, penerapan PDCA dalam pengendalian NPT memungkinkan proses perbaikan berjalan secara sistematis dan berkelanjutan. Setiap deviasi yang terjadi tidak hanya dikoreksi, tetapi juga dianalisis dan dijadikan dasar untuk perbaikan berikutnya. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat kontrol operasional, tetapi juga sebagai mekanisme continuous improvement yang mendukung peningkatan kinerja operasi secara konsisten.

5.4.2 Pembahasan Mekanisme Eskalasi Deviasi

Mekanisme eskalasi dibagi menjadi tiga level berdasarkan tingkat deviasi, yaitu:

- Deviasi kurang dari 10%

Pada tingkat deviasi ini, penyimpangan yang terjadi masih dalam batas toleransi operasional sehingga dapat ditangani secara langsung oleh tim lapangan. Penyesuaian dilakukan secara cepat tanpa memerlukan intervensi manajerial yang lebih tinggi, sehingga tidak mengganggu kelancaran operasi secara keseluruhan.

- Deviasi antara 10% hingga 20%

Deviasi pada rentang ini menunjukkan adanya ketidaksesuaian yang mulai signifikan antara rencana dan pelaksanaan. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi oleh supervisor untuk mengidentifikasi penyebab deviasi serta menentukan tindakan korektif yang tepat agar tidak berkembang menjadi gangguan operasional yang lebih besar.

- Deviasi lebih dari 20%

Pada tingkat deviasi yang tinggi, kondisi operasional dianggap tidak lagi sesuai dengan rencana awal dan berpotensi menyebabkan peningkatan NPT secara signifikan. Oleh karena itu, diperlukan intervensi dari engineer untuk melakukan analisis ulang serta penyusunan ulang rencana operasi (*redesign plan*) agar operasi dapat kembali berjalan secara optimal.

5.4.3 Pembahasan Target Kinerja

Target pengendalian yang ditetapkan meliputi penurunan NPT sebesar $\geq 22,15\%$, peningkatan *Availability* sebesar 3–5%, serta peningkatan OEE sebesar 2–5%.

Target ini secara langsung mengacu pada hasil *Value Added Analysis* dan OEE usulan, sehingga memiliki dasar kuantitatif yang jelas. Dengan demikian, pengendalian yang dilakukan tidak bersifat normatif, tetapi terukur dan dapat dievaluasi secara objektif.

5.4.4 Pembahasan Sistem *Closed-loop Control*

Sistem *control* yang dirancang bersifat *closed-loop*, di mana hasil *Monitoring* digunakan sebagai feedback untuk perbaikan perencanaan berikutnya.

Dalam sistem ini, data NPT, *delay* mobilisasi, dan performa operasi dianalisis secara periodik untuk mengidentifikasi pola ketidakefisienan. Hasil analisis tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam penyusunan strategi perbaikan selanjutnya.

Pendekatan ini memastikan bahwa proses perbaikan tidak berhenti pada implementasi awal, tetapi terus berkembang melalui siklus evaluasi dan perbaikan berkelanjutan (*continuous Improvement*).

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dalam kerangka DMAIC, diperoleh temuan mengenai efektivitas operasi, akar penyebab NPT, serta strategi perbaikan dan pengendaliannya, yang selanjutnya dirangkum dalam kesimpulan berikut.

1. Efektivitas operasi *well intervention* di Lapangan X masih belum optimal dengan nilai OEE berkisar 25%-82%, dipengaruhi oleh NPT sebesar 23% dari total durasi operasi. Analisis Pareto menunjukkan bahwa aktivitas *moving* menyumbang 56% dari total NPT, yang setara dengan sekitar 12,88% dari total waktu operasi, sehingga menjadi kontributor dominan dan prioritas utama dalam perbaikan.
2. Akar penyebab dominan NPT pada aktivitas *well intervention* terdiri dari dua *Sumber* utama, yaitu aktivitas *moving* dengan nilai RPN 175 yang disebabkan oleh kurangnya integrasi kesiapan mobilisasi, serta aktivitas *Operation* dengan nilai RPN 360 yang disebabkan oleh ketidakpastian kondisi Sumur. Analisis Pareto, *Fishbone*, FMEA, dan *5 Whys* menunjukkan bahwa kedua permasalahan tersebut berasal dari ketidaksesuaian antara perencanaan dan kondisi aktual. Variasi NPT yang terjadi berdampak langsung terhadap penurunan *Availability* akibat meningkatnya downtime, serta menurunkan Performance karena terganggunya kontinuitas pekerjaan. Sementara itu, komponen *Quality* tidak mengalami pengaruh signifikan, sehingga penurunan OEE didominasi oleh faktor *Availability* dan Performance.
3. Hasil AHP menunjukkan bahwa strategi prioritas pada aktivitas *moving* adalah *Real-Time Mobilization Tracking* dengan bobot sebesar 0,3564, sedangkan pada aktivitas operation adalah *Structured Contingency & Resource Readiness Planning* dengan bobot sebesar 0,3823. Estimasi penurunan NPT dihitung menggunakan pendekatan distribusi data historis dengan membandingkan median dan persentil ke-40 (P40), sehingga diperoleh potensi penurunan sebesar 26% pada aktivitas *moving* dan 30% pada aktivitas operation. Dengan mempertimbangkan proporsi kontribusi masing-masing aktivitas terhadap total NPT, diperoleh estimasi penurunan NPT secara keseluruhan sebesar 27,76%. Implementasi strategi ini berdampak pada peningkatan efektivitas operasi yang

tercermin dari kenaikan nilai OEE serta diperkuat oleh sistem pengendalian berbasis PDCA yang membentuk mekanisme *closed-loop continuous improvement*.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan data *Real-Time* berbasis sensor atau digital *Monitoring system* dalam proses analisis kondisi Sumur dan mobilisasi. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi data operasional, khususnya dalam mengurangi gap antara kondisi aktual dan perencanaan yang menjadi akar utama NPT pada aktivitas *Operation*.
2. Metode pengambilan keputusan dapat dikembangkan dengan menggunakan pendekatan lain seperti Fuzzy AHP atau metode *hybrid* MCDM, guna mengakomodasi ketidakpastian dan subjektivitas dalam penilaian *expert*, sehingga hasil prioritas strategi menjadi lebih robust.
3. Analisis kinerja operasional dapat diperluas dengan memasukkan variabel lain di luar OEE, seperti *reliability* peralatan, waktu siklus kerja, dan faktor human performance, sehingga evaluasi tidak hanya berfokus pada aspek waktu tetapi juga pada kualitas eksekusi operasi.
4. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan validasi implementasi strategi perbaikan secara langsung di lapangan (*pilot implementation*), sehingga dampak penurunan NPT dan peningkatan OEE dapat diukur secara aktual, bukan hanya berdasarkan estimasi analitis.
5. Keterbatasan penelitian ini terletak pada penggunaan data historis *WellView* tanpa integrasi data *Real-Time* serta asumsi kondisi operasi yang relatif konstan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model prediktif berbasis *machine learning* untuk mengantisipasi potensi NPT sebelum operasi dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afolabi, K., Babatunde, O., Ighravwe, D., Akintayo, B., & Olanrewaju, O. A. (2025). A Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Framework for Evaluating Non-Destructive Testing Techniques in Oil and Gas Facility Maintenance Operations. *Eng*, 6(9). <https://doi.org/10.3390/eng6090214>
- Agusman, G. (2023). ANALYSIS OF LEAN SIGMA -DMAIC IMPLEMENTATION WITH ENVIROMENTAL CONSIDERATIONS IN OIL & GAS INDUSTRY (CASE STUDY: ONSHORE FIELD ABC TERMINAL FIELD –PT XYZ). *Jurnal Manajemen Program Studi Manajemen STIE SULTAN AGUNG*, 9(2), 166–178. <http://www.maker.ac.id/index.php/maker>
- Ahmad Fadila, Y., Astuti Widi, A. R., Della Oganda, D., Teknik Industri, J., Teknik Industri, F., Buana Perjuangan Karawang Jalan Ronggo Waluyo Sirnabaya, U., Timur, T., & Barat, J. (2025). Optimasi Kualitas Produk Stamping Dengan Metode Six Sigma DMAIC. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 4(4), 1770–1779.
- Al Fauzan, V., Nurul Azizah, F., Ainun Nisah, F., Muhammad Yngwei, G., Paripurna, P., & Teknik Industri, P. (2025). *Analisis Pengendalian Kualitas Produk Drum Brake dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) pada PT-XYZ*.
- Alarcón, F. J., Calero, M., Martín-Lara, M. Á., & Pérez-Huertas, S. (2024). An Integrated Lean and Six Sigma Framework for Improving Productivity Performance: A Case Study in a Spanish Chemicals Manufacturer. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(23). <https://doi.org/10.3390/app142310894>
- Alyva Zahira Perdhana, A., Evalina Fitria Utami, A., Gultom, P., Industri Cetak Kemasan, T., Teknik Grafika dan Penerbitan, J., & Negeri Jakarta Jl A Siwabessy, P. G. (2025). Implementasi DMAIC untuk Perbaikan Kinerja Mesin KWS Berbasis Perhitungan Overall Equipment Effectiveness. *Journal Printing and Packaging Technology*, 4(1).
- Arnanda, E. O., Negoro, Y. P., Andesta, D., & Industri, J. T. (2026). Analisis Kinerja Mesin Departemen Amonia Menggunakan Metode OEE dan Fuzzy FMEA Pada Kegagalan Berdampak Tinggi di Produsen Pupuk. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 5(1), 238–247.
- Arum, O., Adelia, B., & Al-Faritsy, A. Z. (2022). OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) DAN SIX SIGMA (STUDI KASUS: PS MADUKISMO). *JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(11). <http://bajangjournal.com/index.php/JCI>
- Assi, A. (2022). Non-Productive Time Reduction during Oil Wells Drilling Operations. *Journal of Petroleum Research and Studies*, 12(3), 34–50. <https://doi.org/10.52716/jprs.v12i3.541>
- Barakat, M., Abu El Ela, M., & Khalaf, F. (2021). Integrating risk management concepts into the drilling non-productive time. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 11(2), 887–900. <https://doi.org/10.1007/s13202-020-01059-0>

- Bello, K. A., & Maladzhi, R. W. (2025). Application of Six Sigma DMADV Methodology Approach for Improving Concrete Masonry Mixing Process. *Nigerian Journal of Technological Development*, 22(5), 33–48. <https://doi.org/10.63746/njtd.v22i5.3152>
- Benjamin, S. J., Marathamuthu, M. S., & Murugaiah, U. (2015). The use of 5-WHYs technique to eliminate OEE's speed loss in a manufacturing firm. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(4), 419–435. <https://doi.org/10.1108/JQME-09-2013-0062>
- Brans, J. P., & De Smet, Y. (2016). PROMETHEE methods. *International Series in Operations Research and Management Science*, 233, 187–219. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_6
- Cantarelli, E., Kojadinovic, N., Pham, K., Le, D., Gamal, S. ;, Salem, Y., & Dhabi, A. (2023). *Invisible Lost Time Reduction and Drilling Risk Management Optimization in United Arab Emirates Onshore Field*.
- Cronemyr, P. (2007). DMAIC and DMADV – differences, similarities and synergies. *International Journal Six Sigma and Competitive Advantage*, 3(3).
- Dachyar, M., & Pratama, N. R. (2022). Performance Evaluation of A Drilling Project in Oil and Gas Service Company in Indonesia by MACBETH Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 495(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/495/1/012012>
- Daffa Ramadhan, M., & Rahma Nur Praptiwi. (2025). Analisis Overall Equipment Effectiveness dan Six Big Loss-es pada Mesin KBA 2 Straight 105 di PT XYZ. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro Dan Komputer*, 5(2), 87–99. <https://doi.org/10.51903/juritek.v5i2.4396>
- De Mast, J., & Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 604–614. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.05.035>
- Deming, E. W. (1982). *Out of the Crisis* (First Edition). MIT Press.
- Dwi Aldi, I., & Rahmatullah, A. (2023). ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK SEPATU ADIDAS DENGAN METODE DMAIC DAN FMEA DI PT. PARKLAND WORLD INDONESIA-CIKANDE. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 3(1), 142–148. <https://doi.org/10.46306/tgc.v3i1>
- Emhanna, A. , S. (2025). *Analysis of Non-Productive Time (NPT) in Drilling Operations A Case Study of The Ghadames Basin*.
- Eteyen, O. (2024). Reducing Non-Productive Time: Strategies for Cost Optimization in Offshore Drilling Operations. *American Journal of Theoretical and Applied Business*, 10(4), 73–78. <https://doi.org/10.11648/j.ajtab.20241004.11>
- F. Robert Jacobs, & Richard B. Chase. (2014). *Operations and Supply Chain Management*. McGraw-Hill US Higher Ed USE, 2022.
- Fitriana, R., Sari, K. D., & Anik, N. H. (2021). Pengendalian dan Penjaminan Mutu. In N. Wahid (Ed.), *Wawasan Ilmu* (1st ed.). Wawasan Ilmu. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=tLZ0EAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&>

dq=Fitriana,+R.,+Sari,+D.+K.,+%26+Habyba,+A.+N.+(2021).+PENGENDALIAN+D
AN+PENJAMINAN++MUTU.+&ots=nre2NNWUEm&sig=SODqyxbt3k4NUSAUViz
mdzRbEW4#v=onepage&q&f=false

- Gasperz, V. (2002). *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001: 2000*. Gramedia Pustaka Utama.
- George, L. , M., Maxey, J., Rowlands, D., & Upton, M. (2004). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Quality and Speed*. McGraw Hill Professional.
- Hajji, M. K., Fekih, A., Bal, A., & Tozan, H. (2025). Applying Lean Six Sigma DMAIC to Improve Service Logistics in Tunisia's Public Transport. *Logistics*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/logistics9040159>
- Hermawan, A., & Akmal, R. (2022). PENERAPAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) DAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) PADA MESIN ADHESIVE DI PT. ASIA CHEMICAL INDUSTRY. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri Jurnal Taguchi*, 2(2), 197–220. <https://doi.org/10.46306/tgc.v2i2>
- Hia, S. W., Singgih, M. L., & Gurning, R. O. S. (2022). Performance Metric Development to Measure Overall Vehicle Effectiveness in Mining Transportation. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(23). <https://doi.org/10.3390/app122312341>
- Horsthofer-Rauch, J., Guesken, S. R., Weich, J., Rauch, A., Bittner, M., Schulz, J., & Zaeh, M. F. (2024). Sustainability-integrated value stream mapping with process mining. *Production and Manufacturing Research*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/21693277.2024.2334294>
- Ishikawa. (1985). *What is total quality control? The Japanese way*. Prentice-Hall.
- Jou, Y. T., Silitonga, R. M., Lin, M. C., Sukwadi, R., & Rivaldo, J. (2022). Application of Six Sigma Methodology in an Automotive Manufacturing Company: A Case Study. *Sustainability (Switzerland)*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/su142114497>
- Juran, M. , J. (1992). *The New Steps for Planning Quality Into Goods and Services*. Free Press.
- Kregel, I., Stemann, D., Koch, J., & Coners, A. (2021). Process Mining for Six Sigma: Utilising Digital Traces. *Computers and Industrial Engineering*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.107083>
- Kurnia, H., Jaqin, C., Hardi Purba, H., Kunci, K., Garmen, I., & Kaki, K. (2022). THE PDCA APPROACH WITH OEE METHODS FOR INCREASING PRODUCTIVITY IN THE GARMENT INDUSTRY. In *Jurnal Ilmiah Teknik Industri* (Vol. 10, Number 1).
- Lee, H., Djumiati Sitania, F., Sukmono, Y., Industri, J. T., Teknik, F., Mulawarman, U., Jl, S., Sambaliung, N., Sel, S., Utara, K. S., Samarinda, K., & Timur, K. (2025). Penerapan Lean Manufacturing Untuk Mengidentifikasi Waste Pada Proses Produksi Menggunakan Value Stream Mapping di Perusahaan Gas Industri. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 4(2), 653–662.

- Linna, R., Larisang, & Trenggono. (2025). Penerapan Metode Six Sigma Dalam Pengendalian Kualitas Proses Penerimaan & Pengiriman Barang Pada PT. ANDIARTA. *Jurnal Industri Kreatif*, 1(1).
- Lugo, J. V., Torres, N. N. S., Cavalcante, R. D. L. da S., Lago, T. G. S. do, Lima, J. A. de, Ledesma, J. J. G., & Ando Junior, O. H. (2025). Evaluation of Technological Alternatives for the Energy Transition of Coal-Fired Power Plants, with a Multi-Criteria Approach. *Energies*, 18(17). <https://doi.org/10.3390/en18174473>
- Martínez-Cerón, A., Javier Hernández-Gracia, T., & Duana-Avila, D. (2022). Application of Value Stream Mapping (VSM) as a Lean Manufacturing management tool. Aplicación del Value Stream Mapping (VSM) como herramienta de gestión del Lean Manufacturing. *Journal of Administrative Science Biannual Publication*, 4(7), 1–5. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/jas/issue/archive>
- Maulana, I., & Arvianto, A. (2025). ANALISIS KINERJA DAN REKOMENDASI PERBAIKAN PADA UNIT TRAILER INTERNAL DALAM KEGIATAN TRANSFER HOT ROLLED COIL(HRC) DENGAN MENGGUNAKAN METODE DMAIC DAN FMEA. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*.
- McNicol, J., Joppe, B., & Oil Tools, B. (2008). Working Smarter On Well Intervention Operations. *IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference and Exhibition*, 25–27.
- Md Rahamat Ullah, Selim Molla, S M Mustaquim, Iqtiair Md Siddique, & Anamika Ahmed Siddique. (2024). Exploratory approaches for improved cost effectiveness and profitability: Utilizing mathematical analysis and value stream mapping on production floors. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 11(1), 076–085. <https://doi.org/10.30574/wjaets.2024.11.1.0028>
- Mittal, A., Gupta, P., Kumar, V., Al Owad, A., Mahlawat, S., & Singh, S. (2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*, 9(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14625>
- Mncwango, B., & Mdunge, Z. L. (2025). Unraveling the Root Causes of Low Overall Equipment Effectiveness in the Kit Packing Department: A Define–Measure–Analyze–Improve–Control Approach. *Processes*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/pr13030757>
- Mohammadnazari, Z., Mousapour Mamoudan, M., Alipour-Vaezi, M., Aghsami, A., Jolai, F., & Yazdani, M. (2022). Prioritizing Post-Disaster Reconstruction Projects Using an Integrated Multi-Criteria Decision-Making Approach: A Case Study. *Buildings*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/buildings12020136>
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517–3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>

- Nirfison, & Soesilo, R. (2022). ANALISIS CACAT PADA PEMASANGAN GASKET DI LINI ASSEMBLY DENGAN PENDEKATAN DMAIC SIX SIGMA. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 2(1), 14–25. <https://doi.org/10.46306/tgc.v2i1>
- Obomejero, J., Israel Adeyanju, O., Shadrack Efeni, O., Fortune Ahwinahwi, E., Endurance Igbigbi, F., & Histor, A. (2025). Optimization In the Oil and Gas Industry: A Review Techniques, Trends, and Scientific Advances. *JIES*, 1(1). <https://jies.gospub.com/jieshttps://jies.gospub.com/jies>
- Oluwaseyi, O. S., Darlington, E., & Bukola, M. E. (2025). Project Management Plan for Execution of Drilling Projects for Minimal Non-Productive Time (NPT). *Journal of Energy Technology and Environment*, 7, 300–307. <https://doi.org/10.37933/jete/7.4.2025.2076>
- Pramudya Wardana, A., & Widiasih, W. (2023). Penerapan DMAIC dan FMEA Untuk Pengendalian Kualitas Produk Kemasan Kertas Perusahaan Percetakan PT.XYZ. *Jurnal SENOPATI*, 5(1), 47–55.
- Putra, R. T., & Muchtiar, Y. (2023). *IMPLEMENTASI DESIGN FOR SIX SIGMA (DFSS) UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS PRODUKSI PADA UMKM KASANG PADANG PARIAMAN*.
- Ramadhan, A. J., & Jufriyanto, M. (2026). Analisis Kinerja Mesin Mobile Bagging Unit (MBU) Dengan Menggunakan Metode OEE (Overall Equipment Effectiveness) Dan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 5(1), 281–292.
- Rochmad, I., Girsang, H., & Sudrajat, K. M. (2025). Meningkatkan output produksi dengan mengurangi downtime menggunakan metode DMAIC di Industri atap semen fiber (Increasing production output by reducing downtime using the DMAIC Method in the fiber cement roofing industry). *Jurnal Terapan Teknik Industri*, 6(2), 214–221. <https://doi.org/10.37373/jenius.v6i2>
- Ruwiyanto, S., Rizwan, R., Romadhon, T., & Fauzi, M. (2021). *IMPLEMENTASI LEAN SIX SIGMA DALAM MENGURANGI BREAKDOWN MAINTENANCE PADA SISTEM AUTOMATIC LENGTH CONTROL DI PT XYZ MENGGUNAKAN METODE DMADV*. 2(3). <https://doi.org/10.46306/lb.v2i3>
- Saaty, L. T., & Vargas, G. Luis. (1980). Model, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. In *International Series in Operations Research & Management Science* (2nd ed., Vol. 175). <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3597-6>
- Singh, S., Agrawal, A., Sharma, D., Saini, V., Kumar, A., & Praveenkumar, S. (2022). Implementation of Total Productive Maintenance Approach: Improving Overall Equipment Efficiency of a Metal Industry. *Inventions*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/inventions7040119>
- Sofi Miftah Alrasyid, Yossa Yonathan Hutajulu, Fahrul Indrajaya, Yunida Iashania, & Ferdinandus. (2024). Produktivitas Alat Gali Muat Pada Pengupasan Overburden Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) di Pit East Kawi PT. Marunda

- Grahamineral. *Syntax Idea*, 6(3), 1419–1434. <https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v6i3.3129>
- Su, K., Zeng, Z., Guan, Z., Liao, Y., Wang, J., Li, M., Yang, Z., & Mao, J. (2025). Research on a Detailed Drilling Condition Identification Method Based on the KOA-RF Model. *Processes*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/pr13061736>
- Sumasto, F., Satria, P., & Rusmiati, E. (2022). Implementasi Pendekatan DMAIC untuk Quality Improvement pada Industri Manufaktur Kereta Api. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 8(2), 161–170. <https://doi.org/10.30656/intech.v8i2.4734>
- Suranta, Y. B., Bugis, W. M., & Purnomosidi. (2023). Analisa Non-Productive Time Rig MB Pada Pekerjaan Workover dan Well Services Di Lapangan W. *SNTEM*, 3, 650–660.
- Szczyrba, A., & Ingaldi, M. (2024). Implementation of The FMEA Method AS A Support for The HACCP System in The Polish Food Industry. *Management Systems in Production Engineering*, 32(3), 357–371. <https://doi.org/10.2478/mspe-2024-0034>
- Taufiqurrahman, M. (2021). *Pendekatan Design For Six Sigma Pada Perancangan Sistem Informasi Preventive Maintenance Untuk Support Facilities Perangkat BTS (Base Transceiver Station)*. 7(2).
- Thiede, S. (2023). Advanced energy data analytics to predict machine overall equipment effectiveness (OEE): a synergetic approach to foster sustainable manufacturing. *Procedia CIRP*, 116, 438–443. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.02.074>
- Wang, C. N., Hsueh, M. H., Tran Thi, D. O., Le, T. D. M., & Dinh, Q. T. (2025). Optimal Maintenance Strategy Selection for Oil and Gas Industry Equipment Using a Combined Analytical Hierarchy Process–Technique for Order of Preference by Similarity to an Ideal Solution: A Case Study in the Oil and Gas Industry. *Processes*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/pr13051389>
- Wang, C. N., Nguyen, T. D., Thi Nguyen, T. T., & Do, N. H. (2025). The performance analysis using Six Sigma DMAIC and integrated MCDM approach: A case study for microlens process in Vietnam. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, 13(2), 538–550. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.04.013>
- Wang, C. N., Vo, T. T. B. C., Chung, Y. C., Amer, Y., & Truc Doan, L. T. (2024). Improvement of Manufacturing Process Based on Value Stream Mapping: A Case Study. *EMJ - Engineering Management Journal*, 36(3), 300–318. <https://doi.org/10.1080/10429247.2023.2265793>
- Wilson, F. , P., Dell, D. , L., & Anderson, F. , G. (1993). *Root Cause Analysis A Tool for Total Quality Management Workbook*. ASQC Quality Press.
- Yanti, M., Surayya Lubis, F., & Rizki, M. (2022). *Production Line Improvement Analysis With Lean Manufacturing Approach To Reduce Waste At CV. TMJ uses Value Stream Mapping (VSM) and Root Cause Analysis (RCA) methods*.

LAMPIRAN

A- Foto Kegiatan Safety Induction Peserta Internship



B- Foto Kegiatan Safety Induction Peserta Internshi



C- Dokumentasi Aktivitas Well Intervention di Lapangan



D- Dokumentasi Proses Operasi Well Intervention



E- Dokumentasi Kegiatan di PT Pertamina Hulu Rokan

