

**OPTIMALISASI PERENCANAAN TENAGA KERJA PADA UKM
MANUFAKTUR MENGGUNAKAN PERT DAN ANALISIS BEBAN
KERJA: STUDI KASUS CV. ASIA WARNA
TUGAS AKHIR**

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



Nama : M. Zidan Al-fachri
No. Mahasiswa : 21522186

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025**

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, 11 – November - 2025



(M. Zidan Al-fachri)
21522186

SURAT BUKTI PENELITIAN



**PERCETAKAN
ASIA WARNA**

SURAT KETERANGAN

015/EXT/AW/XI/2025

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Siti Jubaedah
Jabatan : Pemilik

Menerangkan bahwa,

Nama : M. Zidan Al-fachri
Nama Universitas : Universitas Islam Indonesia
Jurusan : Teknik Industri

Telah melakukan penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir di tempat kami, dengan keterangan sebagai berikut,

Tanggal : 1 Maret 2025 s/d 1 November 2025
Di bagian : Produksi

Demikianlah surat keterangan ini dibuat, untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Tegal, 1 November 2025
CV. Percetakan Asia Warna

Siti Jubaedah
Pemilik

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**OPTIMALISASI PERENCANAAN TENAGA KERJA PADA UKM
MANUFAKTUR MENGGUNAKAN PERT DAN ANALISIS BEBAN
KERJA: STUDI KASUS CV. ASIA WARNA**



Disusun Oleh :

Nama : M. Zidan Al-fachri

No. Mahasiswa : 21522186

Yogyakarta, 11 November 2025

Dosen Pembimbing

(Nashrullah Setiawan, S.T., M.Sc., Ph.D.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

OPTIMALISASI PERENCANAAN TENAGA KERJA PADA UKM MANUFAKTUR MENGGUNAKAN PERT DAN ANALISIS BEBAN KERJA: STUDI KASUS CV. ASIA WARNA TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : M. Zidan Al-fachri

No. Mahasiswa : 21522186

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, 20 - November – 2025

Tim Penguji

Nashrullah Setiawan, S.T., M.Sc., Ph.D.

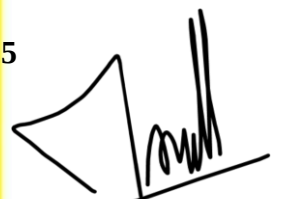
Ketua

Dr. Agus Mansur, S.T., M.Eng.Sc.

Anggota I

Ir. Bambang Suratno, S.T., M.T., Ph.D.,
IPM.

Anggota II



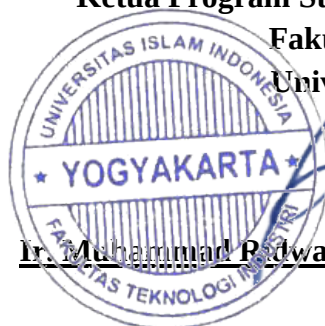


Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.

015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, serta kekuatannya hingga karya ini dapat terselesaikan. Dengan penuh kerendahan hati, saya mempersembahkan tugas akhir ini kepada kedua orang tua tercinta yang dengan doa, kasih sayang, dan pengorbanannya menjadi jalan ridha Allah. Kepada kakak yang senantiasa memberi dukungan dan motivasi dalam setiap langkah. Kepada dosen pembimbing yang penuh kesabaran, ketelitian, dan keikhlasan dalam memberikan bimbingan. Kepada seluruh dosen dan pendidik yang telah menjadi perantara ilmu yang insyaallah bernilai amal jariyah. Kepada sahabat seperjuangan yang selalu memberi semangat dalam suka dan duka. Serta kepada diri penulis sendiri, sebagai pengingat bahwa setiap usaha, lelah, dan doa adalah bagian dari ikhtiar menuju ridha Allah dan cita-cita yang berkah dan bermanfaat.

MOTTO

”dan janganlah kamu berputus asa”

(QS. Yusuf: 87)

“ Dari Abu Hurairah Radhiyallahu anhu , beliau berkata, Rasûlullâh Shallallahu ‘alaihi wa sallam bersabda, Mukmin yang kuat lebih baik dan lebih dicintai Allâh Azza wa Jalla daripada Mukmin yang lemah; dan pada keduanya ada kebaikan. Bersungguh-sungguhlah untuk mendapatkan apa yang bermanfaat bagimu dan mintalah pertolongan kepada Allâh (dalam segala urusanmu) serta janganlah sekali-kali engkau merasa lemah. Apabila engkau tertimpa musibah, janganlah engkau berkata, Seandainya aku berbuat demikian, tentu tidak akan begini dan begitu, tetapi katakanlah, Ini telah ditakdirkan Allâh, dan Allâh berbuat apa saja yang Dia kehendaki, karena ucapan seandainya akan membuka (pintu) perbuatan syaitan.

(HR. Muslim, no. 2664)

“Genius is one percent inspiration and ninety-nine percent perspiration.”

(Thomas Alva Edison)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah hirabbil' alamin, puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang memiliki sifat *ar-rahman* maha pengasih yang senantiasa memberikan kita semua rahmat dan ridha-nya sehingga penulis dengan syukur dan bangga dapat menyelesaikan tugas akhir yang diberi judul "Optimalisasi Perencanaan Tenaga Kerja pada UKM Manufaktur Menggunakan PERT dan Analisis Beban Kerja: Studi Kasus CV. Asia Warna". Shalawat serta salam semoga tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW sebagai pembimbing umat manusia yang menginspirasi penulis selama menempuh proses pendidikan dan pengerjaan tugas akhir di Teknik Industri Universitas Islam Indonesia sebagai ibadah.

Pendidikan adalah jalan yang sulit, namun tanpa pendidikan kita akan menempuh jalan yang jauh lebih sulit. Mengutip perkataan penulis berikut mengartikan bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini tidaklah mudah, sehingga keberhasilan penulis tidak jauh dari bantuan dan bimbingan dari semua pihak. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mempersembahkan ucapan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan kekuatan, pengetahuan, dan doa kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng., selaku dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo. S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., selaku Kepala Program Studi Teknik Industri Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Nashrullah Setiawan, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, mengajarkan ilmu, memberikan petunjuk, nasehat, motivasi, dan dorongan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak M. Irkham Rizaldy S.T. selaku sales manager pada CV. AW yang telah memperbolehkan penulis untuk melakukan penelitian di CV. AW.
5. Bapak Doni selaku supervisor produksi yang telah memberikan informasi dan pengetahuan di CV. AW.
6. Seluruh Karyawan CV. AW yang rela memberikan waktu dan kooperatif untuk menjadi responden dalam penelitian tugas akhir ini.
7. Kedua orang tua tercinta dimanapun berada, ayahanda (Almh) Aminudin dan ibunda Hj. Siti Jubaedah yang menjadi tujuan dan alasan penulis bisa sampai sejauh ini.
8. Tita Safira, atas segala dukungan, semangat, dan bantuan moril selama proses pengerjaan tugas akhir.
9. Teman-teman terdekat penulis: Adib, Dzyqi, Adam, Hadi, Adit, Danto, Sasty, Fuad, Dandy, Vira, Dhyta, dan Rifki yang selalu memberikan dukungan, tawa, dan motivasi.

ABSTRAK

CV. Asia Warna merupakan perusahaan percetakan dengan sistem produksi musiman yang menghadapi peningkatan permintaan signifikan pada periode 2025–2026. Kenaikan permintaan ini menimbulkan tantangan berupa ketidakseimbangan beban kerja, ketidakpastian durasi produksi, serta tingginya frekuensi lembur dan risiko keterlambatan pengiriman. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya perencanaan durasi dan kapasitas tenaga kerja yang lebih terukur dan berbasis data. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan durasi produksi yang lebih realistis menggunakan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), menghitung beban kerja aktual menggunakan *Workload Analysis* (WLA), serta menemukan kombinasi durasi dan jumlah tenaga kerja yang paling optimal melalui analisis sensitivitas. Metode PERT digunakan untuk menghitung waktu harapan setiap aktivitas berdasarkan estimasi optimis, paling mungkin, dan pesimis, kemudian menentukan jalur kritis menggunakan diagram *Activity on Arrow* (AOA). Hasilnya menunjukkan bahwa durasi rencana awal perusahaan selama 128 hari hanya memiliki peluang keberhasilan 20,61%, sedangkan durasi 131 hari hasil PERT memberikan tingkat keberhasilan 50% dan dijadikan dasar evaluasi lanjutan. Selanjutnya, WLA digunakan untuk menghitung beban kerja aktual pada setiap aktivitas. Dua aktivitas utama, yaitu *finishing* serta QC & pengemasan, ditemukan memiliki beban kerja tertinggi dan menjadi penentu utama kebutuhan tenaga kerja. Integrasi PERT dan WLA kemudian dianalisis menggunakan analisis sensitivitas pada rentang durasi 131–149 hari untuk mengevaluasi pengaruh perubahan durasi terhadap probabilitas keberhasilan, kebutuhan tenaga kerja, dan biaya. Hasil analisis menunjukkan bahwa durasi 143 hari merupakan pilihan paling optimal, dengan biaya tenaga kerja terendah Rp112.480.000 lebih hemat 1,68% dari durasi waktu harapan 131 hari, kebutuhan tenaga kerja 28 orang, serta peluang keberhasilan mencapai 99,95%. Dengan demikian, durasi 143 hari direkomendasikan sebagai perencanaan produksi yang paling efisien bagi CV. Asia Warna.

Kata Kunci: PERT, *Workload Analysis*, produksi musiman, tenaga kerja optimal, efisiensi biaya, Analisis Sensitivitas.

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	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kajian Literatur	7
2.2 Landasan Teori	13
2.2.1 Ergonomi	13
2.2.2 Beban Kerja	13
2.2.3 Manajemen Sumber Daya Manusia	14
2.2.4 <i>Workload Analysis (WLA)</i>	14
2.2.5 Manajemen Proyek	22
2.2.6 PERT	22
2.2.7 <i>Network Diagram (Activity on Arrow)</i>	24
2.2.8 Analisis Sensitivitas	25
2.2.9 <i>Gantt chart</i>	26
2.2.10 <i>Resource histogram</i>	27
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Objek Penelitian	28
3.2 Sumber dan Jenis Data	28
3.3 Kerangka Pemikiran	29
3.4 Alur Penelitian	33
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	37
4.1 Pengumpulan Data	37
4.1.1 Deskripsi Proses Keseluruhan	37
4.1.2 Jadwal Proses Bisnis	41
4.1.3 Durasi Optimis, Durasi Pesimis, dan Durasi Mungkin	44
4.1.4 Informasi Jam Kerja dan Upah	45
4.1.5 Waktu Siklus	45
4.1.6 Data Jumlah Pekerja	46
4.1.7 <i>Data Rating Factor</i>	47
4.1.8 <i>Data Allowance</i>	49
4.1.9 Data Permintaan	51

4.1.10	Jumlah Aktivitas	51
4.2	Pengolahan Data	52
4.2.1	Pengolahan Data PERT	52
4.2.2	Pengolahan Data WLA	62
4.3	Perhitungan Sensitivitas.....	77
BAB V	PEMBAHASAN	88
5.1	Pembahasan <i>Program Evaluation and Review Technique</i> (PERT).....	88
5.2	Pembahasan <i>Workload Analysis</i> (WLA)	89
5.3	Analisis Integrasi PERT & WLA	91
5.4	Analisis Sensitivitas.....	93
5.5	Perbandingan <i>Gantt chart</i> dan <i>Resource histogram</i> Awal dan Sesudah	95
BAB VI	PENUTUP.....	100
6.1	Kesimpulan	100
6.2	Saran	101
	DAFTAR PUSTAKA.....	102
	LAMPIRAN	A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Permiontaan Buku X.....	2
Tabel 2. 1 <i>Journal Review</i>	10
Tabel 2. 2 <i>Westing House</i>	15
Tabel 2. 3 <i>Allowance ILO</i>	17
Tabel 4. 1 Durasi Optimis, Pesimis, dan Paling Mungkin	44
Tabel 4. 2 Infomasi Hari Kerja	45
Tabel 4. 3 Pengamtan Watu Siklus	46
Tabel 4. 4 Rencana Jumlah Pekerja 2026.....	47
Tabel 4. 5 <i>Rating Factor</i>	49
Tabel 4. 6 <i>Allowance ILO</i>	50
Tabel 4. 7 Data Permintaan	51
Tabel 4. 8 Data Jumlah Aktivitas	51
Tabel 4. 9 Tabel Waktu Harapan.....	53
Tabel 4. 10 Perhitungan <i>Network diagram AOA</i>	59
Tabel 4. 11 Variansi	61
Tabel 4. 12 Rata-rata Waktu Pengamatan	63
Tabel 4. 13 Rata-rata Waktu Pengamatan	64
Tabel 4. 14 Nilai BKA & BKB	69
Tabel 4. 15 Kecukupan Data	70
Tabel 4. 16 <i>Rating Factor</i>	71
Tabel 4. 17 Jumlah Total <i>Allowance</i>	72
Tabel 4. 18 Waktu Normal	73
Tabel 4. 19 Waktu Baku.....	74
Tabel 4. 20 Beban Kerja.....	75
Tabel 4. 21 Jumlah Pegawai Optimal Durasi 128 Hari	77
Tabel 4. 22 Iterasi Durasi 131 Hari	78
Tabel 4. 23 Iterasi Durasi 132 Hari	78
Tabel 4. 24 Iterasi Durasi 133 Hari	79
Tabel 4. 25 Iterasi Durasi 134 Hari	79
Tabel 4. 26 Iterasi Durasi 135 Hari	80
Tabel 4. 27 Iterasi Durasi 136 Hari	80
Tabel 4. 28 Iterasi Durasi 137 Hari	81
Tabel 4. 29 Iterasi Durasi 138 Hari	81
Tabel 4. 30 Iterasi Durasi 139 Hari	82
Tabel 4. 31 Iterasi Durasi 140 Hari	82
Tabel 4. 32 Iterasi Durasi 141 Hari	83
Tabel 4. 33 Iterasi Durasi 142 Hari	83
Tabel 4. 34 Iterasi Durasi 143 Hari	84
Tabel 4. 35 Iterasi Durasi 144 Hari	84
Tabel 4. 36 Iterasi Durasi 145 Hari	85
Tabel 4. 37 Iterasi Durasi 146 Hari	85
Tabel 4. 38 Iterasi Durasi 147 Hari	86
Tabel 4. 39 Iterasi Durasi 148 Hari	86
Tabel 4. 40 Iterasi Durasi 149 Hari	87
Tabel 5. 1 Presentase Durasi Awal dan Waktu Harapan.....	88
Tabel 5. 2 Beban Kerja Per-aktivitas.....	90

Tabel 5. 3 Jumlah Pegawai Optimal dengan Durasi 128 hari kerja	90
Tabel 5. 4 Analisis Sensitivitas 131-149 hari.....	93
Tabel 5. 5 Perbandingan 131 hari dengan Usulan.....	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik <i>Expected Time</i>	23
Gambar 2. 2 AOA Network Diagram	25
Gambar 2. 3 Contoh <i>Gantt chart</i> Dengan Microsoft Project	26
Gambar 2. 4 <i>Resource histogram</i>	27
Gambar 3. 1 Kerangka Pemikiran	30
Gambar 3. 2 Kerangka Pemikiran	34
Gambar 4. 1 Proses Pencetakan	38
Gambar 4. 2 Proses Pemotongan.....	38
Gambar 4. 3 Proses <i>Finishing</i>	39
Gambar 4. 4 Proses QC & Pengemasan	40
Gambar 4. 5 <i>Gantt chart</i> Jadwal Semester 1 2026 (1)	41
Gambar 4. 6 <i>Gantt chart</i> Jadwal Semester 1 2026 (2)	42
Gambar 4. 7 <i>Gantt chart</i> Jadwal Semester 1 2026 (3)	43
Gambar 4. 8 <i>Network Diagram</i>	54
Gambar 4. 9 <i>Network Diagram Activity on Arrow</i>	58
Gambar 4. 10 Grafik Kontrol Pembuatan Materi Cetak	65
Gambar 4. 11 Grafik Kontrol Pengecekan desain & isi	66
Gambar 4. 12 Grafik Kontrol Proses Pencetakan.....	66
Gambar 4. 13 Grafik Kontrol Proses Pemotongan.....	67
Gambar 4. 14 Grafik Kontrol Proses <i>Finishing</i>	68
Gambar 4. 15 Grafik Kontrol Proses QC	68
Gambar 5. 1 <i>Gantt chart</i> Jadwal Sebelum	96
Gambar 5. 2 <i>Resource histogram</i> Sebelum	96
Gambar 5. 3 <i>Gantt chart</i> Sesudah	97
Gambar 5. 4 <i>Resource histogram</i> Sesudah.....	97

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penambahan *demand* di perusahaan secara langsung mempengaruhi seluruh kebutuhan di dalam Perusahaan (Rusindiyanto et al., 2023). Saat permintaan produk atau jasa meningkat, perusahaan harus menambah kapasitas produksi agar dapat memenuhi target yang baru tersebut (Rusindiyanto et al., 2023). Penambahan kapasitas ini bisa dilakukan dengan menambah jumlah tenaga kerja atau memperpanjang durasi jam kerja agar output produksi meningkat (Rizki Ramadhani, 2023). Kenaikan permintaan tenaga kerja ini merupakan permintaan turunan (*derived demand*) dari permintaan barang dan jasa yang diproduksi perusahaan (Arifin, 2020). Semakin tinggi permintaan terhadap produk, semakin besar kebutuhan perusahaan terhadap tenaga kerja untuk menjalankan proses produksi dan layanan secara optimal (Arifin, 2020).

Optimalisasi tenaga kerja merupakan salah satu tantangan utama dalam operasional perusahaan, termasuk pada skala Usaha Kecil dan Menengah (UKM), terutama dalam menghadapi tuntutan efisiensi waktu dan biaya (Putri & Hidayah, 2021). Pada UKM, tantangan ini seringkali lebih kompleks karena keterbatasan jumlah tenaga kerja, keterampilan yang belum merata, serta peran ganda yang dijalankan oleh satu individu (Sugiana et al., 2022). Permasalahan seperti ketidakseimbangan beban kerja, ketidaksesuaian antara *job description* dan pekerjaan aktual, hingga penentuan jumlah tenaga kerja yang optimal, kerap muncul (Putri & Hidayah, 2021). Ketidakseimbangan ini dapat menyebabkan penurunan produktivitas, pembengkakan biaya, serta keterlambatan dalam pemenuhan pesanan atau penyelesaian proyek, yang berdampak langsung pada daya saing UKM di pasar (Abdillah & Purnama, 2023).

Dalam perencanaan tenaga kerja khususnya pada UKM, perlu adanya estimasi atau perencanaan durasi pada setiap proses yang dilakukan dalam usaha tersebut (Erwin Saputro & Handy Febri Satoto, 2025). Hal tersebut didukung dengan sistem kerja di UKM yang memiliki perbedaan dengan sistem kerja pada perusahaan besar, dimana pada UKM memiliki durasi kerja yang tidak menentu tergantung dari permintaan, sedangkan perusahaan besar mayoritas memiliki durasi pekerjaan yang terjadwal dan sesuai dengan durasi kerja efektif yang sudah ditentukan (Czerwińska-Lubszczyk & Byrtek, 2024). Penjadwalan dan

perencanaan estimasi waktu atau durasi sangat membantu dalam mengelola proses produksi dan operasional secara lebih terstruktur dan efisien (Kasus et al., 2025). Hal tersebut memungkinkan UKM untuk memperkirakan durasi setiap aktivitas secara realistis dengan mempertimbangkan ketidakpastian waktu, sehingga UKM dapat mengidentifikasi jalur kritis dan mengatur tenaga kerja serta sumber daya secara optimal (Husna et al., 2022). Dengan kata lain penjadwalan atau *timeline* menjadi salah satu kunci untuk dapat merencanakan tenaga kerja yang sesuai dengan beban kerja dari waktu atau durasi yang sudah ditetapkan (Nugroho, 2020) .

CV. Asia Warna merupakan perusahaan percetakan yang dimana pada perusahaan tersebut menggunakan sistem produksi musiman atau *seasonal production*, dimana setiap setengah tahun perusahaan menerima permintaan cetak dengan jumlah dan jenis yang bervariasi sesuai kebutuhan pelanggan. Untuk mendukung kegiatan produksinya, perusahaan tidak sepenuhnya menggunakan tenaga kerja tetap, melainkan mengandalkan tenaga kerja lepas yang direkrut secara berkala setiap enam bulan yang disesuaikan dengan kondisi dan volume permintaan. Seiring dengan meningkatnya jumlah permintaan pelanggan pada tahun 2025, perusahaan menghadapi tantangan baru dalam menyesuaikan kapasitas produksinya. Sistem kerja musiman yang sebelumnya berjalan stabil menjadi tidak seimbang akibat peningkatan volume pesanan yang cukup signifikan. Kondisi ini menuntut perusahaan untuk melakukan penyesuaian terhadap jumlah tenaga kerja serta waktu produksi agar proses pencetakan dapat diselesaikan tepat waktu. Berikut merupakan data peningkatan permintaan dari tahun 2023-2026.

Tabel 1. 1 Data Permintaan Buku X

Tahun	Periode	Permintaan Buku X
2023	1	61897
	2	62812
2024	1	64732
	2	71774
2025	1	75391
	2	90373
2026	1	90396

Dalam satu periode produksi di perusahaan ini rata-rata berlangsung selama 3–4 bulan. Dengan sistem produksi musiman yang berjalan setiap enam bulan, masih terdapat sisa

waktu sekitar satu bulan yang belum termanfaatkan secara optimal. Waktu idle ini sebenarnya dapat dimanfaatkan untuk mengakomodasi tambahan permintaan apabila perusahaan mampu melakukan perencanaan kapasitas dan penjadwalan yang lebih efisien. Namun, sistem kerja di CV. Asia Warna hingga saat ini belum memiliki penentuan hari kerja dan durasi kerja yang tetap. Karena menggunakan tenaga kerja lepas dengan sistem upah harian, aktivitas produksi lebih berfokus pada pencapaian target penyelesaian pesanan tanpa adanya penjadwalan atau perencanaan durasi kerja yang terstruktur. Kondisi ini menyebabkan ketidakstabilan waktu produksi, terutama ketika terjadi lonjakan permintaan yang memerlukan perhitungan waktu yang lebih akurat.

Tercatat dalam perusahaan, pada tahun 2025 terbaru menunjukan terjadinya keterlambatan pesanan sebanyak 9,5% atau 2 pengiriman dari 21 pengiriman yang terjadi pada UKM tersebut. Keterlambatan tersebut terjadi karena kurangnya perencanaan dari UKM yang belum optimal dalam perencanaan jumlah tenaga kerja dan perencanaan estimasi produksi yang berbasis manajemen jalur kritis melihat dari kasus tersebut. Karena permasalahan yang terjadi, perusahaan perlu melakukan kejar target yang mengakibatkan terjadinya lembur pada produksi. Pada tahun 2025 terdapat tiga minggu dengan total jam lembur per-minggu lebih dari 20 jam. Hal tersebut merupakan permasalahan akibat dari keterlambatan, yang mana tercantum pada UU No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan (yang telah diubah melalui UU No. 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja) serta Peraturan Pemerintah (PP) No. 35 Tahun 2021, yang mengatur maksimal jam lembur pada usaha besar dan kelas menengah yaitu 16 jam dalam satu minggu.

Pada kebijakan perusahaan apabila terjadi keterlambatan produksi dengan hari kirim produk, maka perusahaan akan melakukan *split delivery* atau pengiriman bertahap untuk memenuhi jadwal pada pesanan, namun dengan begitu perusahaan harus menambah biaya pada proses pengiriman dua kali lipat. Pada tahun 2025 biaya pengiriman mengalami kenaikan karena adanya keterlambatan dan harus melakukan *split delivery*. Perusahaan juga mengalami penambahan biaya untuk membiayai operasional lembur karyawan pada periode produksi tahun tersebut. Selain kerugian secara materiil banyaknya lembur pada minggu-minggu terakhir produksi mengakibatkan kelelahan, kecelakaan kerja, dan gangguan kesehatan fisik sehingga dapat menurunkan nilai produktivitas secara signifikan serta dapat berpotensi melanggar Peraturan Pemerintah (PP) No. 35 Tahun 2021 (Hermanto & Widiyarini, 2021).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan pendekatan kuantitatif yang mampu memperkirakan durasi waktu proses secara lebih realistis dan dinamis serta

menghitung kebutuhan tenaga kerja berdasarkan beban kerja aktual. Metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dapat digunakan untuk memperkirakan estimasi waktu penyelesaian tiap aktivitas produksi dengan mempertimbangkan kondisi optimis, paling mungkin, dan pesimis (Shah, 2021). Alasan penggunaan metode PERT yang merupakan pendekatan manajemen proyek ke dalam kasus ini dikarenakan pada kasus CV. Asia Warna proses produksinya memiliki kemiripan dengan proses sebuah proyek, yaitu pada CV. Asia Warna menerapkan produksi musiman yang memiliki karakteristik yang sangat mirip dengan proyek karena bersifat sementara, memiliki tujuan spesifik, dan membutuhkan pengelolaan sumber daya secara terencana menurut (Chow et al., 2021). Setiap periode produksi dilakukan untuk memenuhi permintaan pada waktu tertentu sehingga memiliki awal dan akhir yang jelas, mirip dengan konsep proyek yang memiliki batas waktu penyelesaian (Chow et al., 2021).

Proses pada kasus ini juga menuntut perencanaan sumber daya yang matang meliputi tenaga kerja, bahan baku, dan kapasitas mesin agar efisien terhadap waktu dan biaya, sesuai dengan prinsip *triple constraint* yaitu sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, sesuai dengan waktu yang sudah dijadwalkan, dan sesuai dengan biaya yang direncanakan menurut (Permatasari et al., 2021). Dengan demikian, pendekatan manajemen proyek seperti PERT relevan diterapkan dalam produksi musiman di CV. Asia Warna karena dapat membantu pengaturan jadwal, pengendalian biaya, serta memastikan hasil produksi memenuhi target kualitas dan waktu sesuai kebutuhan pasar (Kozlowski & Matejun, 2021). Sementara itu, *Workload Analysis* (WLA) digunakan untuk menghitung jumlah tenaga kerja optimal berdasarkan total beban kerja yang dihasilkan dari kombinasi *output* dan waktu proses (Candra Mukti et al., 2022). Integrasi kedua metode ini diharapkan dapat membantu perusahaan dalam merencanakan kapasitas tenaga kerja secara lebih akurat serta menyusun *timeline* produksi yang efisien dan dapat diandalkan.

1.2 Rumusan Masalah

CV. Asia Warna menghadapi tantangan operasional dalam menjalankan sistem produksi musiman yang sangat bergantung pada tenaga kerja lepas. Ketidakpastian volume pesanan serta kurangnya perencanaan waktu dan tenaga kerja yang berbasis data menyebabkan keterlambatan penyelesaian pesanan hingga 10,5%, peningkatan frekuensi lembur, dan bertambahnya biaya operasional, termasuk biaya pengiriman akibat *split delivery*. Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk merancang strategi

perencanaan tenaga kerja dan waktu produksi yang lebih efisien dan akurat, guna menghindari keterlambatan dan pemborosan biaya.

1. Berapa estimasi durasi produksi yang lebih efektif dan realistis dengan menggunakan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) berdasarkan presentase keberhasilan dalam satu periode produksi CV. Asia Warna?
2. Berapa total beban kerja aktual dalam satu periode produksi CV. Asia Warna pada aktivitas kritis yang diperoleh melalui perhitungan *Workload Analysis* (WLA)?
3. Berapa durasi produksi dan jumlah tenaga kerja yang paling optimal dalam satu periode produksi CV. Asia Warna berdasarkan analisis sensitivitas yang mengintegrasikan metode PERT dan WLA?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari permasalahan yang sudah diuraikan diatas berikut merupakan tujuan dari penelitian.

1. Menentukan estimasi durasi produksi yang lebih efektif dan realistis menggunakan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) berdasarkan persentase keberhasilan dalam satu periode produksi.
2. Menghitung total beban kerja aktual pada aktivitas kritis dalam satu periode produksi melalui perhitungan *Workload Analysis*.
3. Menemukan durasi produksi dan jumlah tenaga kerja yang paling optimal dalam satu periode produksi berdasarkan analisis sensitivitas yang mengintegrasikan metode PERT dan *Workload Analysis*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang telah dilakukan ini diharapkan dapat menjadi manfaat bagi penulis yang mengerjakan, bagi perusahaan tempat dilakukannya penelitian, dan bagi pembaca yang mempelajari isi dari penelitian ini.

1. Bagi peneliti, penelitian ini memiliki manfaat langsung karena membantu peneliti memperluas pengetahuan dan wawasan tentang penerapan ilmu Teknik Industri. Peneliti dapat mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana konsep teori seperti perencanaan kapasitas tenaga kerja dan penjadwalan proyek dapat diterapkan untuk menyelesaikan masalah operasional di lapangan melalui studi kasus CV. Asia Warna.
2. Bagi perusahaan, diharapkan penelitian ini akan memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi CV. Asia Warna, khususnya dalam hal mengevaluasi dan

mengoptimalkan penjadwalan produksi yang selama ini belum terorganisir secara sistematis.

3. Bagi pembaca, diharapkan penelitian ini dapat memberikan literasi dan referensi bagaimana integrasi metode PERT dan WLA dalam penerapannya kepada proses industri yang lebih efisien dan efektif.

1.5 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini memiliki batasan yang dibuat untuk memfokuskan penelitian ini dalam cakupan yang diteliti, adapun batasan tersebut.

1. Penelitian hanya dilakukan pada proses produksi produk buku X yang menjadi salah satu produk utama pada CV. Asia Warna.
2. Penelitian hanya menghitung tenaga kerja lepas yang dibutuhkan pada bagian produksi CV. Asia Warna yaitu pada bagian pengedit, operator mesin, dan operator.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Dalam penyusunan penelitian ini, peneliti menggunakan beberapa referensi sebagai landasan kajian teori yang menggunakan metode serupa dengan penelitian yang dilakukan.

Workload Analysis (WLA) banyak dimanfaatkan untuk menganalisis sekaligus mengevaluasi beban kerja karyawan, dengan tujuan menentukan jumlah tenaga kerja yang paling tepat. Berdasarkan penelitian Wicaksono et al., (2024), WLA digunakan untuk menyusun deskripsi kerja standar dan menetapkan jumlah pegawai optimal setelah pandemi, yang berdampak positif terhadap efisiensi organisasi. Penelitian Hati & Septiani, (2025) juga menemukan adanya ketidakseimbangan beban kerja antarstasiun dan merekomendasikan penambahan tenaga kerja serta pelatihan agar distribusi beban kerja lebih merata. Sementara itu, Ariyani et al., (2024) menekankan pentingnya penyesuaian pembagian tugas di laboratorium rancang bangun demi tercapainya efisiensi. Berbeda dengan temuan lainnya, Azhari et al., (2024) mengungkap kasus ekstrem dengan beban kerja mencapai lebih dari 1000% dan menyarankan peningkatan efisiensi manajerial dibanding melakukan rekrutmen baru. Hal ini menunjukkan bahwa WLA adalah metode yang fleksibel, tidak hanya untuk mengetahui jumlah pegawai yang dibutuhkan, tetapi juga membantu mengatur ulang pembagian tugas.

Terdapat penelitian lain yang memanfaatkan WLA untuk menentukan jumlah optimal tenaga kerja pada sektor UKM maupun usaha berskala menengah. Maghriza & Singgih, (2023) meneliti UKM di bidang logistik dan menunjukkan bahwa ketidakseimbangan beban kerja antarposisi bisa diatasi tanpa menambah pekerja, tetapi dengan merestrukturisasi tugas. Penelitian Putri & Hidayah, (2022) menyoroti pentingnya kepuasan dan kompetensi karyawan untuk menjaga keberlanjutan usaha. Sementara itu, Agung et al., (2024) membuktikan bahwa penambahan pekerja secara langsung di proyek pembangunan rumah sakit skala menengah mampu mengurangi *overload* hingga mencapai tingkat optimal. Dari beragam studi ini, terlihat bahwa solusi tidak selalu harus menambah pegawai, tetapi bisa melalui pelatihan, redistribusi pekerjaan, atau optimalisasi sistem kerja yang sudah ada.

Dalam manajemen proyek, metode PERT dan CPM memiliki perbedaan mendasar dalam memperkirakan durasi aktivitas. PERT mengutamakan estimasi waktu yang

mempertimbangkan ketidakpastian, sedangkan CPM berfokus pada aktivitas dengan durasi pasti dan berulang. Bagshaw, (2021) menyatakan CPM sesuai untuk proyek konstruksi dengan jadwal yang jelas, sementara PERT lebih tepat untuk proyek riset atau pengembangan. Penerapan PERT sangat dianjurkan pada proses produksi yang belum memiliki standar waktu baku, karena mempertimbangkan tiga jenis estimasi waktu optimis, realistis, dan pesimis sehingga hasilnya lebih realistis. Aulia & Cipta, (2023) bahkan menggabungkan PERT dan CPM pada proyek perbaikan kapal untuk mendapatkan durasi terbaik. Studi lain menunjukkan kombinasi keduanya mampu mempercepat produksi kerudung anak secara signifikan. Temuan Rosita et al., (2024) dan Sodikin et al., (2023) juga membuktikan bahwa sinergi PERT-CPM efektif mencegah keterlambatan sekaligus menyusun jalur kritis yang efisien. Karena itu, penelitian ini memilih PERT mengingat proses produksi yang dianalisis belum memiliki waktu baku dan mengandung ketidakpastian di beberapa tahap, sehingga pendekatan estimasi dengan menentukan probabilitas metode PERT lebih relevan.

PERT telah diterapkan di berbagai industri untuk memperkirakan lama produksi. Silva et al., (2021) menggunakannya untuk meningkatkan akurasi estimasi waktu proyek *metalworking* yang sebelumnya memiliki selisih besar antara rencana dan realisasi. Dengan menghitung estimasi optimis, realistis, dan pesimis, hasilnya menjadi lebih akurat Harahap et al., (2020) juga menerapkan PERT dalam produksi kerudung anak dan berhasil memangkas rata-rata durasi produksi. Rosita et al., (2024) menunjukkan bahwa PERT pada proyek pembangunan gedung mampu menghasilkan jadwal yang lebih realistis dibanding CPM. Arifah et al., (2020) juga membuktikan PERT bisa mempersingkat waktu produksi yang awalnya 96 jam menjadi 72 jam.

Selain digunakan untuk estimasi waktu, PERT juga berguna dalam menghitung probabilitas keberhasilan penyelesaian proyek sesuai waktu target. Studi menurut Silva et al., (2021) menunjukkan bahwa setelah menggunakan PERT, probabilitas penyelesaian proyek tepat waktu meningkat hingga 99%. Ini mengurangi risiko keterlambatan dan meningkatkan keandalan jadwal proyek. Dalam konteks yang sama, perhitungan *Z-score* dan probabilitas keberhasilan menjadi keunggulan metode PERT. Hal ini juga didukung penelitian oleh Rosita et al., (2024) dan Aulia & Cipta, (2023) yang menunjukkan bahwa PERT mampu memberikan informasi angka probabilitas mengenai kemungkinan keterlambatan, yang sangat penting dalam manajemen risiko proyek.

WLA juga banyak digunakan dalam konteks proyek manufaktur dan konstruksi. Studi oleh Faiqotul Himmah, (2022) meneliti operator tungku kompor dan menemukan bahwa redistribusi tenaga kerja antar stasiun kerja lebih efektif dibanding menambah pegawai. Sementara itu, Agung et al., (2024) dalam proyek pembangunan rumah sakit menunjukkan bahwa penambahan pekerja pada stasiun kerja tertentu menurunkan *overload* secara signifikan. Ariyani et al., (2024) pada proyek desain manufaktur menekankan pentingnya kelonggaran kerja (*Allowance*) untuk menjaga efisiensi kerja. Penelitian Hati & Septiani, (2025) di industri pengepakan juga sama menunjukkan bahwa *overload* yang tinggi pada beberapa stasiun dapat diatasi dengan pelatihan dan re-alokasi pekerja. Secara keseluruhan, WLA dalam proyek manufaktur dan konstruksi digunakan untuk mengukur beban kerja optimal dan merancang strategi distribusi kerja yang efisien dan produktif.

Dalam beberapa studi terbaru mengungkap kombinasi antara metode PERT dan WLA dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan efisiensi proyek. Penelitian oleh Sodikin et al., (2023) menunjukkan bahwa penerapan PERT untuk menentukan estimasi waktu proyek yang realistis, dipadukan dengan alokasi sumber daya manusia yang tepat melalui pendekatan metode *resource leveling* sehingga dapat menghemat waktu pelaksanaan hingga 33,35% serta menurunkan biaya tenaga kerja hampir 25%. Sementara itu, Nantoi & Nantoi, (2023) menyusun penelitian kuantitatif yang menempatkan PERT dan WLA sebagai bagian dari kerangka pengambilan keputusan strategis berbasis ketidakpastian dan keterbatasan sumber daya. Penggunaan kedua metode secara sinergis memungkinkan perencanaan proyek yang lebih adaptif, di mana estimasi waktu dari PERT menjadi dasar perhitungan beban kerja dalam WLA untuk menentukan jumlah tenaga kerja optimal. Integrasi ini menjadi sangat relevan terutama untuk proyek bersifat musiman, seperti yang terjadi pada sistem produksi *make-to-order* di industri percetakan.

Meskipun belum ada penelitian yang secara khusus menggabungkan metode PERT dan WLA, PERT terbukti efektif untuk merencanakan dan mengendalikan waktu produksi melalui *timeline* yang terstruktur, estimasi durasi yang realistis, dan antisipasi keterlambatan. Sementara itu, WLA berperan dalam menganalisis beban kerja dan menentukan jumlah tenaga kerja ideal. Integrasi keduanya dapat membantu perusahaan membuat jadwal yang efisien sekaligus menyeimbangkan distribusi tenaga kerja, sehingga meningkatkan efisiensi operasional.

Tabel 2. 1 *Journal Review*

Penulis	Objek Penelitian	Penentuan Durasi Optimal	PERT	Penentuan Jumlah Tenaga Kerja Optimal	WLA
(Bagshaw, 2021)	Proyek manajemen umum		√		
(Aulia & Cipta, 2023)	Proyek perbaikan kapal TK Aek Sigala Gala di PT DNC	√	√		
(Wicaksono et al., 2024)	26 proyek kelas menengah PT Wijaya Karya (WIKI)			√	√
(Harahap et al., 2020)	Produksi kerudung anak di PD ABC Bandung	√	√		
(Made Jiwa Astika et al., 2021)	Kapal layar latih TNI AL (Navy Ships A)			√	√
(Sodikin et al., 2023a)	PT Sarana Bangun Perkasa (perusahaan konstruksi, proyek hotel, RS, apartemen)		√	√	
(Hati & Septiani, 2025)	Proses pengepakan manual di perusahaan manufaktur kimia PT XYZ di Batam			√	√
(Ariyani et al., 2024)	Laboratorium Produksi Rancang Bangun Manufaktur			√	√

Penulis	Objek Penelitian	Penentuan Durasi Optimal	PERT	Penentuan Jumlah Tenaga Kerja Optimal	WLA
(Silva et al., 2021)	Industri metalworking (logam)	√	√		
(Maghriza & Singgih, 2023)	Divisi administrasi di perusahaan logistic				√
(Arifah et al., 2020)	Produksi wedang uwuh di CV.Progress Jogja	√	√		
(Rosita et al., 2024)	Proyek pembangunan Gedung Universitas Pamulang Kampus 3	√	√		
(Faiqotul Himmah, 2022)	Produksi tungku kompor di PT. Z			√	√
(Azhari et al., 2024)	Distribution Center PT Angkasa Pura Kargo Soekarno-Hatta			√	√
(Agung et al., 2024)	Proyek pembangunan RS Eka Hospital oleh PT Adhi Persada Gedung			√	√
(Sodikin et al., 2023)	Proyek multi konstruksi yang dikelola oleh PT Sarana Bangun Perkasa	√	√	√	

Penulis	Objek Penelitian	Penentuan Durasi Optimal	PERT	Penentuan Jumlah Tenaga Kerja Optimal	WLA
(Nantoi & Nantoi, 2023)	Konsep manajemen organisasi secara umum		√		√
Usulan	Proses produksi buku X CV. Asia Warna	√	√	√	√

Dari berbagai penelitian sebelumnya, metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) umumnya digunakan untuk menentukan estimasi durasi kegiatan atau proyek dengan cara mengidentifikasi jalur kritis dan menghitung waktu optimal penyelesaian. Hal ini banyak ditemukan pada penelitian di sektor konstruksi, manufaktur, maupun UKM, di mana PERT berfungsi sebagai alat bantu perencanaan waktu agar keterlambatan dapat diminimalkan. Sementara itu, metode *Workload Analysis* (WLA) lebih sering dimanfaatkan untuk menghitung jumlah tenaga kerja optimal yang dibutuhkan sesuai beban kerja yang ada. WLA digunakan pada konteks industri manufaktur, laboratorium pendidikan, maupun administrasi jasa untuk memastikan distribusi beban kerja sesuai kapasitas pekerja yang tersedia. Meskipun terdapat beberapa penelitian yang mencoba menggabungkan kedua metode tersebut, integrasi biasanya masih terbatas pada analisis parsial, dan objek kajiannya dominan pada proyek konstruksi atau organisasi berskala besar.

Penelitian ini mengambil posisi yang berbeda dengan fokus pada sistem produksi musiman di CV. Asia Warna, sebuah UKM yang menghadapi permasalahan keterlambatan pesanan yang menyebabkan frekuensi jam lembur mingguan akibat kurangnya perencanaan durasi kerja efektif dan keterbatasan tenaga kerja lepas. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang cenderung hanya menggunakan PERT untuk estimasi waktu atau WLA untuk kebutuhan tenaga kerja secara terpisah, penelitian ini mengintegrasikan keduanya secara langsung dalam konteks produksi musiman. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan kontribusi baru berupa analisis model antara estimasi waktu produksi yang lebih akurat PERT dan jumlah tenaga kerja optimal WLA, untuk menghasilkan strategi perencanaan yang mampu menekan keterlambatan dan mengurangi lembur. Selama penelitian dilakukan, peneliti belum menemukan penelitian lain yang secara khusus mengintegrasikan PERT dan WLA dalam kasus sistem produksi, sehingga penelitian ini mengisi gap penting dalam literatur.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Ergonomi

Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dan lingkungan kerjanya, termasuk penggunaan alat, mesin, sistem, dan proses (H. Purnomo, 2003). Tujuannya menciptakan sistem kerja yang aman, nyaman, efektif, dan selaras dengan kemampuan manusia melalui prinsip *Human-Centered Design* atau *Fit the Job to the Man* (H. Purnomo, 2003). Prinsip ini menekankan bahwa desain sistem harus menyesuaikan dengan manusia sebagai pusatnya (H. Purnomo, 2003). Ergonomi terbukti berperan penting dalam meningkatkan produktivitas, keselamatan, dan kesehatan kerja (Y. J. Purnomo et al., 2021). Kesalahan kerja tidak selalu berasal dari manusia, tetapi dapat disebabkan oleh rancangan sistem atau prosedur yang kurang tepat (Y. J. Purnomo et al., 2021). Sejarah Perang Dunia II menunjukkan banyak peralatan militer gagal digunakan karena tidak mempertimbangkan kemampuan operator hal tersebut menegaskan pentingnya ergonomi dalam keberhasilan suatu sistem (Y. J. Purnomo et al., 2021).

2.2.2 Beban Kerja

Beban kerja adalah jumlah tugas yang harus diselesaikan pekerja dalam periode tertentu, mencakup aspek fisik maupun mental (Nabila & Syarvina, 2022). Besarnya beban kerja dipengaruhi oleh interaksi antara tuntutan pekerjaan, lingkungan, keterampilan, perilaku, dan persepsi pekerja (Fahmi et al., 2022). Agar tidak menimbulkan stres atau kejenuhan, tingkat beban kerja perlu seimbang dengan kapasitas individu (Fahmi et al., 2022). Beban kerja yang

terlalu tinggi menurunkan kinerja, sedangkan yang terlalu rendah menimbulkan kebosanan, karena itu, pengelolaan beban kerja penting untuk menjaga produktivitas dan kesejahteraan pekerja (Nabila & Syarvina, 2022).

2.2.3 Manajemen Sumber Daya Manusia

Manajemen Sumber Daya Manusia (MSDM) adalah proses strategis untuk memperoleh, mengembangkan, mempertahankan, dan memanfaatkan tenaga kerja secara efektif dan efisien demi tercapainya tujuan organisasi (Y. J. Purnomo et al., 2021). MSDM mengatur hubungan kerja serta peran karyawan melalui perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengendalian seluruh aspek tenaga kerja (Y. J. Purnomo et al., 2021). Fungsinya meliputi perekrutan, pelatihan, pemberian kompensasi, integrasi, pemeliharaan, penegakan disiplin, hingga pemutusan hubungan kerja (Hasibuan, 2017). Pengelolaan yang baik menciptakan lingkungan kerja kondusif, meningkatkan produktivitas, serta menyeimbangkan kepentingan perusahaan dan karyawan (Hasibuan, 2017).

2.2.4 Workload Analysis (WLA)

Analisis Beban Kerja (*Workload Analysis*) adalah proses untuk menilai aktivitas yang muncul serta beban kerja yang dihasilkan dalam proses produksi (Rusindiyanto et al., 2023). Metode ini memungkinkan dibuatnya model matematis untuk menentukan jumlah karyawan optimal di setiap bagian kerja (Rusindiyanto et al., 2023). Dengan mengetahui beban kerja di setiap bagian, perusahaan dapat menetapkan jumlah karyawan yang tepat sehingga efisiensi meningkat (Rusindiyanto et al., 2023).

Proses WLA diawali dengan identifikasi tugas dan aktivitas individu atau tim melalui deskripsi pekerjaan, wawancara, atau survei harian (Hermanto & Widiyarini, 2020). Tahap berikutnya adalah pengukuran waktu dengan metode seperti *time study*, *work sampling*, atau *self-reporting* (Hermanto & Widiyarini, 2020). Waktu normal dihitung berdasarkan pengukuran tersebut, kemudian ditambah *Allowance* untuk mempertimbangkan faktor yang mempengaruhi produktivitas, sehingga diperoleh waktu baku (Hermanto & Widiyarini, 2020). Beban kerja dihitung dengan membandingkan total waktu baku terhadap waktu kerja efektif dalam satu periode; nilai >1 menunjukkan *overload* dan membutuhkan tambahan tenaga kerja, sedangkan nilai <1 menunjukkan *underload* (Hermanto & Widiyarini, 2020). Jumlah tenaga kerja optimal atau *Full Time Equivalent* (FTE) diperoleh dengan membagi total waktu baku dengan waktu kerja efektif per orang (Kurniawan & Karmelia Shaura, 2022).

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = \frac{\text{Total Beban Kerja}}{\text{Waktu Kerja Efektif per Pegawai}} \quad (2.1)$$

2.2.4.1 Rating Factor

Rating factor adalah faktor yang digunakan oleh peneliti atau pengamat untuk menilai kecepatan kerja seorang operator dengan kecepatan kerja normal (Latief et al., 2021). Faktor ini dapat bernilai lebih dari 1 jika operator bekerja lebih cepat dari normal, kurang dari 1 jika operator bekerja lebih lambat dari normal, dan sama dengan 1 jika operator bekerja sesuai dengan kecepatan normal. Rating faktor sering digunakan untuk mengkoreksi waktu kerja sebenarnya (Latief et al., 2021).

Tabel 2. 2 *Westing House*

Faktor	Nilai	Kode	Kategori
SKILL	0,15	A1	Superskill
	0,13	A2	
	0,11	B1	Excellent
	0,08	B2	
	0,06	C1	Good
	0,03	C2	
	0	D	Average
	-0,05	E1	Fair
	-0,1	E2	
	-0,16	F1	Poor
	-0,22	F2	
EFFORT	0,13	A1	Superskill
	0,12	A2	
	0,1	B1	Excellent
	0,08	B2	
	0,05	C1	Good
	0,02	C2	
	0	D	Average
	-0,04	E1	Fair
	-0,08	E2	
	-0,12	F1	Poor

Faktor	Nilai	Kode	Kategori
	-0,17	F2	
CONDITION	0,06	A	<i>Ideal</i>
	0,04	B	<i>Excellent</i>
	0,02	C	<i>Good</i>
	0	D	<i>Average</i>
	-0,03	E	<i>Fair</i>
	-0,07	F	<i>Poor</i>
CONSISTENCY	0,04	A	<i>Ideal</i>
	0,03	B	<i>Excellent</i>
	0,01	C	<i>Good</i>
	0	D	<i>Average</i>
	-0,02	E	<i>Fair</i>
	-0,04	F	<i>Poor</i>

Metode Westinghouse menghitung faktor penilaian dengan mempertimbangkan beberapa elemen penting, keterampilan (*skill*), usaha (*effort*), kondisi lingkungan kerja, dan konsistensi kerja karyawan (Yudha Pratama et al., 2024). Faktor penilaian ini merefleksikan faktor penilaian elemen kerja berdasarkan kesulitan dan kondisi kerja yang dihadapi karyawan (Ramadhani, 2021).

2.2.4.2 Allowance

Allowance dalam *Work Load Analysis* (WLA) adalah waktu ekstra yang ditambahkan ke waktu kerja normal untuk memenuhi kebutuhan pribadi pekerja, mengurangi lelah, dan mengurangi waktu yang dihabiskan untuk hal-hal yang tidak dapat dihindari selama bekerja (Delano Regent Montororing & Sitorus, 2024). Nilai *Allowance* menurut ILO adalah kombinasi dari gaji tetap yang standar dan *Allowance* variabel yang disesuaikan dengan kondisi kerja aktual berdasarkan evaluasi dan standar tertentu (Syafi et al., 2022).

$$p = \text{Rating normal operator} + \text{Rating performance} \quad (2.2)$$

Tabel 2. 3 Allowance ILO

Faktor	Subfaktor	Contoh Pekerjaan	Kelonggaran (%)
A. Tenaga yang dikeluarkan	1. Dapat diabaikan	bekerja di meja, duduk	Pria: 0–6; Wanita: 0–6
	2. Sangat ringan	bekerja di meja, berdiri	Pria: 6–7.5; Wanita: 6–7.5
	3. Ringan	menyokop, mengayuh	Pria: 7.5–12; Wanita: 7.5–16
	4. Sedang	mencangkul	Pria: 12–19; Wanita: 16–30
	5. Berat	mengayun palu berat	Pria: 16–25; Wanita: 20–40
	6. Sangat berat	memanggul beban 27–50 kg	Pria: 20–30; Wanita: 25–50
	7. Luar biasa berat	memanggul karung >50 kg	Pria: 30–50; Wanita: 30–60
B. Sikap kerja	1. Duduk	bekerja duduk, ringan	0–1
	2. Berdiri di atas dua kaki	badan tegak, dua kaki	1–2.5
	3. Berdiri di atas satu kaki	satu kaki mengerjakan alat kontrol	2.5–4
	4. Berbaring	bekerja pada sisi	4–5
	5. Membungkuk	badan dibungkukkan bertumpu pada dua kaki	4–10
C. Gerakan kerja	1. Normal	ayunan bebas dari palu	0
	2. Agak terbatas	ayunan terbatas dari palu	0–5
	3. Sulit	membawa beban berat	5–10
	4. Pada anggota badan terbatas	bekerja dengan tangan di atas kepala	5–10
	5. Seluruh anggota badan terbatas	bekerja di lorong sempit	10–15
D. Kelelahan mata	1. Pandangan terputus-putus	membaca alat ukur	Baik: 0; Buruk: 1
	2. Pandangan hampir terus-menerus	pekerjaan sangat teliti	Baik: 2; Buruk: 2
	3. Pandangan berubah-ubah fokus	memeriksa cacat kain	Baik: 2; Buruk: 5
	4. Pandangan fokus tetap	pemeriksaan sangat teliti	Baik: 4; Buruk: 8
E. Keadaan temperatur tempat kerja (°C)	1. Beku	di bawah 0°C	Normal >10; Berlebihan >12
	2. Rendah	0–13°C	Normal 10; Berlebihan 12–5

Faktor	Subfaktor	Contoh Pekerjaan	Kelonggaran (%)
	3. Sedang	13–22°C	Normal 5; Berlebihan 0
	4. Normal	22–28°C	Normal 3; Berlebihan 8
	5. Tinggi	28–38°C	Normal 5–10; Berlebihan 8–20
	6. Sangat tinggi	di atas 38°C	Normal >40; Berlebihan >100
F. Keadaan atmosfer	1. Baik	ruangan berventilasi baik	0
	2. Cukup	ventilasi kurang baik	0–5
	3. Kurang baik	adanya debu atau gas tidak beracun	5–10
	4. Buruk	gas berbahaya, butuh alat pernapasan	10–20

2.2.4.3 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data adalah suatu pengujian statistik yang digunakan untuk menentukan apakah data yang dikumpulkan berasal dari satu sistem yang sama dengan kondisi yang stabil (Setiawan et al., 2023). Istilah "seragam" mengacu pada data yang konsisten atau seragam (Setiawan et al., 2023). *Control chart*, juga dikenal sebagai peta kendali, terdiri dari batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB) (Setiawan et al., 2023). Jika data tidak melewati batas kendali, maka data dianggap seragam dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut (Setiawan et al., 2023). Sangat penting untuk menjalani uji ini untuk memastikan bahwa data dari pengamatan adalah akurat dan mencerminkan keadaan kerja sebenarnya tanpa gangguan yang signifikan (Setiawan et al., 2023). Untuk menguji bahwa data tersebut seragam yaitu dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut.

1. Pengukuran waktu dengan menggunakan *stopwatch*
2. Menghitung rata-rata total dengan rumus:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N} \quad (2.3)$$

3. Menghitung standar deviasi dengan rumus:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (2.4)$$

4. Menghitung Batas Kontrol Atas dan Batas Kontrol Bawah

$$BKA = \bar{x} + (k \times \sigma) \quad (2.5)$$

$$BKB = \bar{x} - (k \times \sigma) \quad (2.6)$$

Keterangan:

x_i = jumlah nilai pengamatan

N = banyaknya pengamatan yang dilakukan

σ = standar deviasi

k = *confidence level*

N' = jumlah pengamatan yang seharusnya dilaksanakan

s = tingkat kepercayaan

2.2.4.4 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang dikumpulkan cukup untuk melakukan analisis yang diinginkan (Afdy et al., 2021). Uji ini menggunakan rumus khusus

yang mempertimbangkan tingkat keyakinan, tingkat ketelitian, dan persentase produktivitas dari data yang diamati (Afdy et al., 2021). Data dinyatakan dengan keyakinan dan ketelitian yang cukup jika nilai hasil perhitungan uji kecukupan data (N') kurang dari jumlah data yang ada (Afdy et al., 2021). Uji ini membantu memastikan bahwa analisis yang dilakukan didasarkan pada data yang memadai untuk menghasilkan hasil yang dapat dipercaya (Afdy et al., 2021). Berikut merupakan langkah-langkah dalam uji kecukupan data.

1. Terdapat 3 tingkat kepercayaan atau *convidence level* (k) yaitu.
 - Tingkat kepercayaan 68% mempunyai harga $k=1$
 - Tingkat kepercayaan 95% mempunyai harga $k=2$
 - Tingkat kepercayaan 99% mempunyai harga $k=3$
2. Menghitung dengan rumus, Jika $N' < N$, data proses inspeksi komponen dianggap cukup. Rumus yang digunakan untuk menguji kecukupan data adalah.

$$N' = \left\lceil \frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum (xi^2) - (\sum (xi))^2}}{\sum xi} \right\rceil \quad (2.7)$$

Keterangan :

N' = jumlah pengamatan yang seharusnya dilaksanakan

K = *convidence level*

xi = jumlah nilai pengamatan

s = tingkat kepercayaan

2.2.4.5 Waktu Normal

Waktu kerja yang mengambil faktor penyesuaian disebut sebagai waktu normal. Ini dihitung dengan mengalikan waktu siklus rata-rata dengan faktor penyesuaian (Afdy et al., 2021). Faktor penilaian ini biasanya ditunjukkan dalam persentase (%), atau angka desimal, dan kinerja kerja normal adalah 100%, atau satu. Waktu normal digunakan untuk menormalkan waktu kerja yang dihasilkan dari pengukuran kerja yang disebabkan oleh percepatan atau tempo kerja operator yang berubah (Afdy et al., 2021). Dengan demikian, rumus berikut dapat digunakan untuk menghitung waktu normal.

$$W_n = W_p \times p \quad (2.8)$$

Keterangan :

W_n = Waktu normal

W_p = Waktu pengamatan

P = *Rating Factor*

2.2.4.6 Waktu Baku

Waktu baku atau waktu standar adalah waktu yang dibutuhkan operator untuk memproduksi satu unit dari data jenis produk (Bakhtiar et al., 2021). Waktu baku dihitung dengan mempertimbangkan waktu normal dan penambahan *Allowance* (kelonggaran) untuk kebutuhan istirahat, kelelahan, dan faktor lain yang mempengaruhi produktivitas (Bakhtiar et al., 2021). Adapun rumus untuk menghitung waktu baku adalah berikut.

$$Wb = Wn \times (1 + Allowance) \quad (2.9)$$

Keterangan :

Wb = waktu baku

Wn = waktu normal

Allowance = kelonggaran yang diberikan kepada pekerja

2.2.4.7 Beban Kerja Total

Beban kerja total adalah jumlah waktu atau usaha yang diperlukan oleh seorang pekerja atau kelompok kerja untuk menyelesaikan semua tugas atau aktivitas dalam jangka waktu tertentu (Fahmi et al., 2022). Ini menunjukkan tingkat intensitas dan volume kerja yang harus diselesaikan, dan dapat digunakan untuk menentukan jumlah tenaga kerja yang ideal (Fahmi et al., 2022). Berikut rumus dalam menghitung beban kerja total yang akan digunakan dalam perhitungan WLA.

$$\text{Beban Kerja Total} = \sum (\text{Frekuensi Aktivitas per Tahun} \times \text{Waktu Baku}) \quad (2.10)$$

2.2.4.8 Waktu Kerja Efektif

Waktu kerja efektif adalah Jumlah waktu kerja formal yang benar-benar digunakan untuk bekerja, setelah dikurangi waktu yang hilang karena aktivitas non-produktif seperti istirahat, kelelahan, kebutuhan pribadi, dan gangguan lainnya, disebut sebagai waktu kerja efektif (Fahmi et al., 2022). Konsep ini digunakan untuk menghitung seberapa banyak pekerjaan yang dapat dilakukan oleh seorang karyawan dalam satuan waktu tertentu, seperti hari, minggu, bulan, atau tahun (Fahmi et al., 2022). Berikut merupakan rumus dalam menghitung waktu kerja efektif.

$$\text{Waktu Kerja Efektif} = (\text{Hari Kerja}) \times (\text{Jam Kerja per Hari}) \times (1 - Allowance) \quad (2.11)$$

2.2.4.9 Full Time Equivalent (FTE)

FTE (*Full Time Equivalent*) merupakan metode analisis beban kerja yang digunakan untuk menentukan jumlah tenaga kerja ideal berdasarkan waktu kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan semua tugas dibandingkan dengan waktu kerja efektif yang tersedia dalam jangka waktu tertentu, biasanya satu tahun (Dewi & Satrya, 2012). FTE menyederhanakan

pengukuran beban kerja dengan mengonversi total jam kerja menjadi jumlah orang yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tertentu (Dewi & Satrya, 2012).

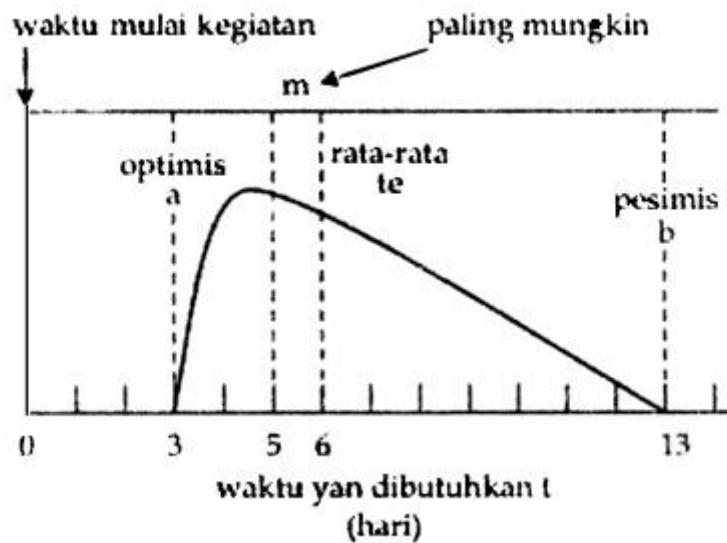
2.2.5 Manajemen Proyek

Menurut buku Manajemen Proyek karya Budi Santosa, manajemen proyek merupakan penerapan pengetahuan, keterampilan, alat, dan teknik dalam melaksanakan berbagai aktivitas proyek guna memenuhi kebutuhan yang telah ditetapkan (Santosa, 2009). Proses manajemen proyek meliputi tahap inisiasi, perencanaan, pelaksanaan, pengawasan serta pengendalian, dan penutupan proyek secara menyeluruh dan terintegrasi (Santosa, 2009). Dalam pelaksanaannya, manajemen proyek harus memperhatikan keterbatasan sumber daya seperti waktu, biaya, dan ruang lingkup pekerjaan yang saling terkait dan dikenal sebagai segitiga kendala proyek (Santosa, 2009). Keseimbangan antara ketiga aspek tersebut sangat penting untuk menentukan keberhasilan dan mutu hasil proyek (Santosa, 2009). Dengan pendekatan yang sistematis dan terstruktur, manajemen proyek bertujuan untuk mencapai tujuan proyek secara efisien dan efektif, memaksimalkan penggunaan sumber daya, serta memastikan proyek selesai tepat waktu, sesuai anggaran, dan memenuhi standar kualitas yang diharapkan (Santosa, 2009).

2.2.6 PERT

Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) pertama kali dikembangkan dalam proyek Sistem Rudal Polaris oleh Angkatan Laut Amerika Serikat yang menghadapi ketidakpastian tinggi, terutama dalam hal waktu penyelesaian kegiatan (Santosa, 2009). Berbeda dengan metode CPM yang lebih menitikberatkan pada biaya, PERT lebih fokus pada estimasi waktu, sehingga cocok digunakan dalam proyek-proyek baru yang belum memiliki data historis (Santosa, 2009). Metode ini menggunakan jaringan kerja (*network*) untuk menggambarkan hubungan antar kegiatan dan memperkirakan durasi proyek secara keseluruhan (Santosa, 2009).

Ciri khas utama dari PERT adalah penggunaan tiga jenis estimasi waktu, yaitu waktu optimis (a), waktu paling mungkin (m), dan waktu pesimis (b) (Santosa, 2009). Waktu optimis merupakan waktu tercepat penyelesaian suatu kegiatan jika semua berjalan lancar, waktu paling mungkin adalah waktu normal atau rata-rata yang dibutuhkan, sedangkan waktu pesimis adalah waktu terlama jika terjadi hambatan atau masalah (Santosa, 2009). Ketiga estimasi ini, yang diperoleh dari pakar atau pelaksana kegiatan, digunakan untuk menghitung waktu harapan (*expected time*) berdasarkan distribusi beta, dengan nilai a dan b sebagai batas distribusi dan m sebagai modus atau nilai yang paling sering muncul (Santosa, 2009).



Gambar 2. 1 Grafik *Expected Time*

Adapun dalam distribusi gambar tersebut, pada waktu rata-rata (te) dan variasi (v), untuk setiap kegiatan dapat dihitung dengan rumus berikut (Santosa, 2009).

$$te = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (2.12)$$

Keterangan:

te = Waktu harapan (*expected time*), yaitu estimasi waktu rata-rata suatu aktivitas.

a = Waktu optimis (*optimistic time*), waktu tercepat jika semuanya berjalan sempurna.

m = Waktu paling mungkin (*most likely time*), waktu yang paling realistis dan paling sering terjadi.

b = Waktu pesimis (*pessimistic time*), waktu terlama jika terjadi hambatan.

Untuk mengetahui varian dari estimasi waktu dapat menggunakan rumus berikut (Santosa, 2009).

$$v = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2 \quad (2.13)$$

Keterangan:

v = Varians dari estimasi waktu aktivitas.

Semakin kecil nilai v , semakin kecil kepercayaan te , dan semakin besar kemungkinan kegiatan yang bersangkutan selesai lebih awal atau lebih lambat dari pada te . Secara sederhana, semakin jauh selisih antara a dan b , semakin besar distribusinya, dan semakin besar kemungkinan waktu aktual pelaksanaan kegiatan secara signifikan berbeda dari te , begitu juga sebaliknya. Jika semua kegiatan proyek dan waktu yang diharapkan telah diketahui, umur

proyek dapat dihitung dengan menghitung jumlah total ke dalam lintasan kritis (LK) (Santosa, 2009).

$$Te = \sum_{LK} te \quad (2.14)$$

Keterangan:

Te = Total waktu harapan untuk menyelesaikan proyek.

$\sum_{LK} te$ = Penjumlahan waktu harapan (te) dari semua aktivitas pada Lintasan Kritis (LK).

Dimana Te adalah waktu yang diharapkan untuk kegiatan kritis. Variasi dari umur proyek adalah jumlah variasi pada setiap kegiatan di lintasan kritis proyek, atau variasi dari umur proyek (Santosa, 2009). Dengan demikian, distribusi peluang proyek dengan suatu rata-rata Te menunjukkan bahwa peluang selesainya proyek sebelum waktu Te adalah 50% dan peluang selesainya proyek sesudah waktu Te adalah 50% (Santosa, 2009). Berikut merupakan rumus dalam menentukan variasi dari umur proyek adalah jumlah variasi pada tiap kegiatan dilintasan kritis proyek (Santosa, 2009).

$$Vp = \sum_{LK} v \quad (2.15)$$

Keterangan:

VP = Varians total proyek.

$\sum_{LK} v$ = Penjumlahan varians (v) dari aktivitas-aktivitas pada lintasan kritis.

Kemudian dalam menentukan berapa peluang proyek yang umurnya sudah diketahui dapat menggunakan rumus berikut (Santosa, 2009).

$$Z = \frac{Ts - Te}{\sqrt{Vp}} \quad (2.16)$$

Keterangan:

Z = Nilai Z (z-score), digunakan untuk menentukan probabilitas proyek selesai sebelum waktu tertentu (Santosa, 2009).

Ts = Waktu target penyelesaian proyek.

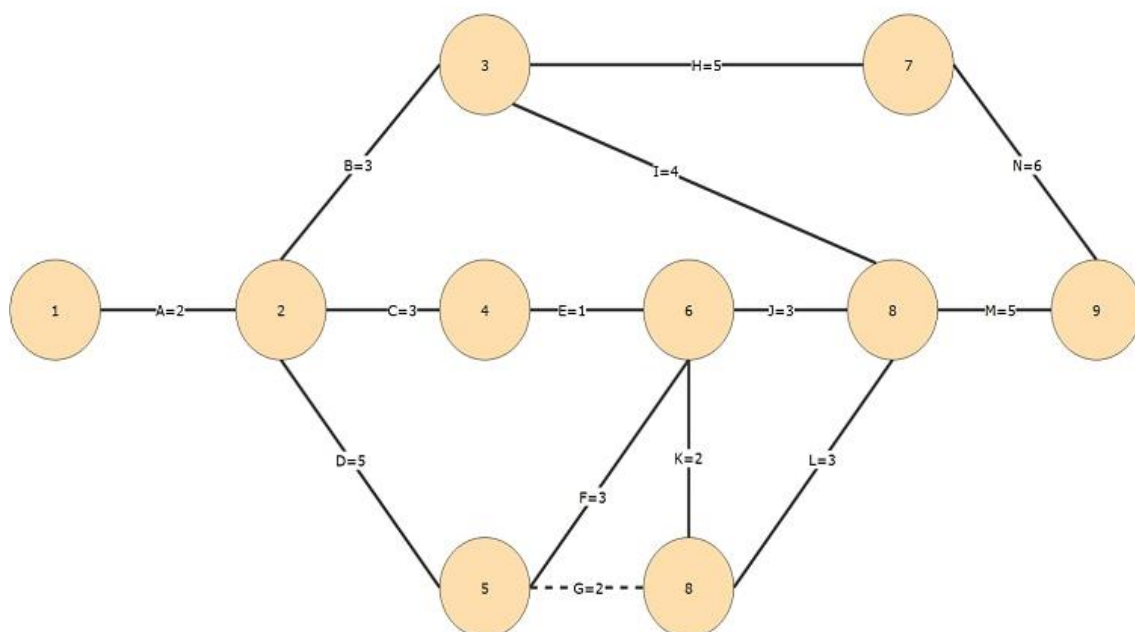
Te = Total waktu harapan proyek.

$\sqrt{Vp}$ = Akar dari varians proyek, standar deviasi total proyek.

2.2.7 Network Diagram (Activity on Arrow)

Diagram jaringan proyek terdiri dari dua pendekatan utama yaitu *Activity on Arrow* (AOA) dan *Activity on Node* (AON) (Santosa, 2009). Pada diagram AOA, aktivitas digambarkan sebagai panah sedangkan *node* menunjukkan peristiwa (*event*) yang menandai awal atau akhir suatu

kegiatan, sehingga AOA berorientasi pada *event* dan sering digunakan dalam metode PERT yang menitikberatkan pada analisis probabilistik durasi berdasarkan kejadian penting proyek (Santosa, 2009). Sebaliknya, pada AON setiap aktivitas digambarkan sebagai *node*, sedangkan panah hanya menunjukkan ketergantungan antar kegiatan, sehingga lebih mudah dipahami, tidak memerlukan *dummy activity*, dan lebih umum digunakan pada perangkat lunak manajemen proyek modern (Yanita et al., 2022). Meskipun secara visual AON lebih sederhana, AOA tetap banyak dipakai pada studi PERT tradisional karena struktur matematisnya sesuai dengan formula perhitungan jalur kritis berbasis *event* dan banyak dipakai dalam tahap perencanaan awal proyek (Chasanah et al., 2021).



Gambar 2. 2 AOA Network Diagram

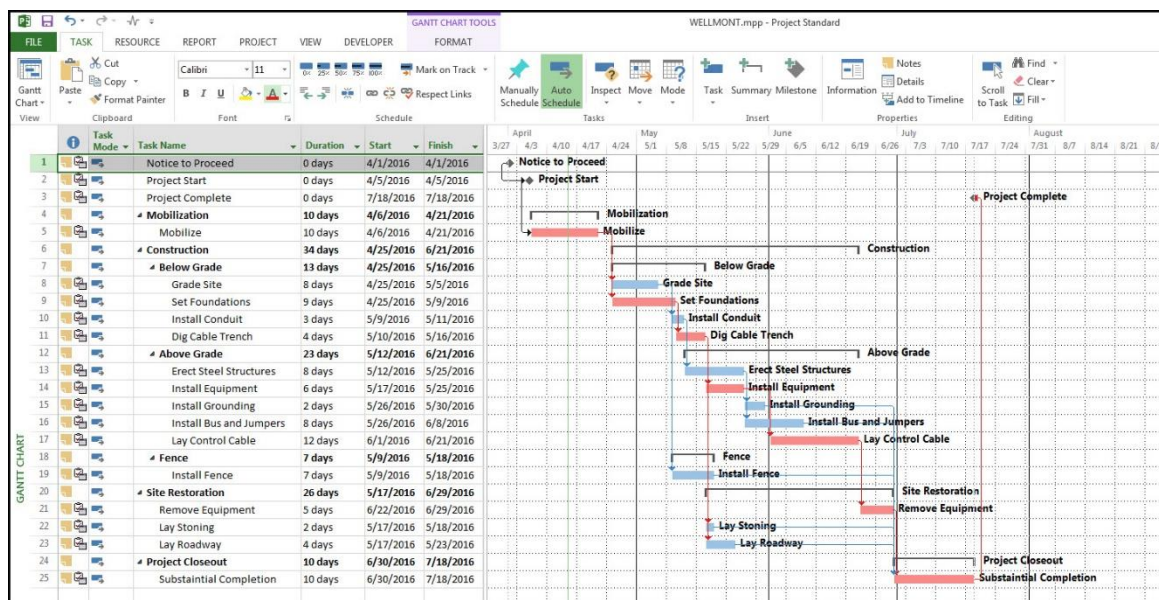
2.2.8 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas pada metode PERT digunakan untuk mengetahui seberapa besar perubahan estimasi waktu aktivitas berpengaruh terhadap durasi total proyek dan tingkat keberhasilan penyelesaiannya, sehingga dapat diidentifikasi aktivitas mana yang paling sensitif terhadap ketidakpastian dan berpotensi menimbulkan risiko keterlambatan (Ichsan et al., 2025). Melalui perubahan nilai estimasi optimis, paling mungkin, atau pesimis, analisis sensitivitas dapat menunjukkan dampak perubahan durasi terhadap probabilitas penyelesaian proyek dan implikasi biaya yang mungkin timbul apabila percepatan atau penundaan terjadi (Mutia Astari & Momon Subagyo, n.d.). Dalam konteks penelitian yang mengintegrasikan PERT dengan *Workload Analysis* (WLA), analisis sensitivitas tidak hanya menilai pengaruh perubahan durasi

terhadap probabilitas keberhasilan proyek, tetapi juga terhadap jumlah tenaga kerja ideal dan total biaya tenaga kerja (Mutia Astari & Momon Subagyo, n.d.). Dengan demikian, perubahan satu variabel waktu pada aktivitas tertentu dapat menghasilkan beberapa konsekuensi sekaligus, seperti berkurangnya peluang keberhasilan proyek, meningkatnya kebutuhan pekerja, atau bertambahnya biaya, sehingga integrasi PERT dan WLA memberikan pemahaman risiko yang lebih detail dibandingkan penggunaan PERT secara konvensional (Hutomo & Rohman, 2021).

2.2.9 Gantt chart

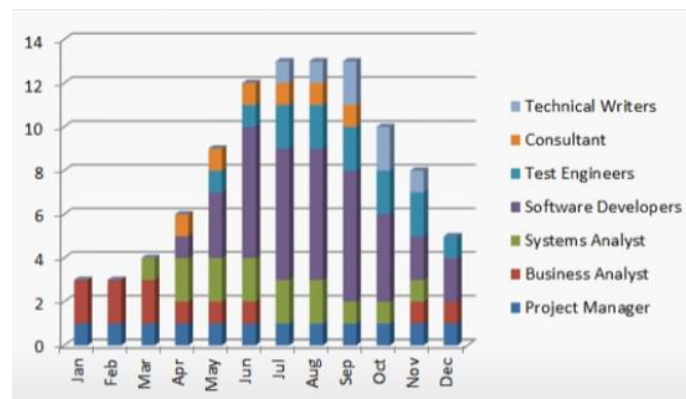
Gantt chart adalah alat visual manajemen proyek yang menggunakan grafik batang untuk menampilkan jadwal tugas dan waktu pelaksanaan secara visual, sehingga lebih mudah untuk memantau urutan dan durasi pekerjaan yang dilakukan dalam proyek (Soeharto, 1999). Menurut beberapa jurnal penelitian, diagram Gantt, yang menggambarkan tugas-tugas secara berurutan pada sumbu horizontal waktu dan daftar aktivitas pada sumbu vertikal, membantu menemukan aktivitas penting dan waktu yang terbuang dalam proyek (Arrumih & Puji Astuti, 2020). Keunggulan metode ini adalah kesederhanaannya dalam pembuatan dan pemahaman. Selain itu, ia memiliki kemampuan untuk memvisualisasikan kemajuan proyek secara *real-time*, yang memudahkan pengambilan keputusan manajemen proyek (Arrumih & Puji Astuti, 2020). Adapun contoh *Gantt chart* ada pada gambar berikut, dengan menggunakan aplikasi microsoft project.



Gambar 2. 3 Contoh *Gantt chart* Dengan Microsoft Project

2.2.10 Resource histogram

Resource histogram merupakan grafik berbentuk batang yang digunakan dalam manajemen proyek untuk menunjukkan bagaimana sumber daya, seperti tenaga kerja, peralatan, maupun material, dialokasikan dan dimanfaatkan dalam jangka waktu tertentu (Bala & Mahto, 2017). Visualisasi ini memudahkan pengguna dalam melihat distribusi beban kerja, mengidentifikasi periode dengan kebutuhan sumber daya tertinggi maupun kekurangan dan kelebihan penggunaan, serta merencanakan strategi agar pemakaian sumber daya lebih optimal dan risiko keterlambatan maupun kelelahan sumber daya dapat diminimalkan (Azim Eirgash, 2020).



Gambar 2. 4 *Resource histogram*

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada CV. Asia Warna dengan produk buku X yang diproduksi dengan jadwal tertentu pada setiap periode yang ditentukan. Penelitian ini akan membahas terkait perencanaan jumlah karyawan produksi yang sesuai dan ideal melihat dari perhitungan beban kerja yang ditentukan dan durasi produksi yang tepat serta memiliki presentase keberhasilan yang lebih baik.

3.2 Sumber dan Jenis Data

Dalam pelaksanaan penelitian ini, penulis perlu memanfaatkan data yang kemudian akan diolah dengan model sistematis sehingga dapat memberikan analisis yang aktual sesuai dengan kondisi lapangan yang terjadi. Adapun terdapat dua data yang digunakan pada penelitian ini yaitu.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan peneliti langsung pada studi lapangan yang dilakukan. Adapun sumber data primer yaitu dari.

a. Wawancara

Wawancara merupakan cara yang dilakukan oleh peneliti dalam mengumpulkan informasi terkait alur proses produksi, alur proses bisnis, jumlah karyawan, jumlah pelanggan, banyaknya departemen atau divisi pada CV. Asia Warna dalam bentuk bertukar informasi langsung dengan pelaku usaha tersebut

b. Observasi

Observasi juga dilakukan oleh peneliti dengan mengamati langsung lapangan kerja pada CV. Asia Warna. Adapun observasi yang dilakukan yaitu seperti menghitung setiap proses produksi dengan *stopwatch*.

2. Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang didapatkan peneliti langsung diberikan secara mentah maupun terverifikasi oleh perusahaan atau objek penelitian yaitu CV. Asia Warna. Adapun sumber data yang diterima yaitu.

a. Data Historis

Yaitu merupakan data yang dikumpulkan oleh management CV. Asia Warna dalam kontrol produksi yang dapat dimanfaatkan untuk pengolahan dan pengambilan keputusan. Data yang didapat antara lain data produksi, data keuangan, dan data manajemen.

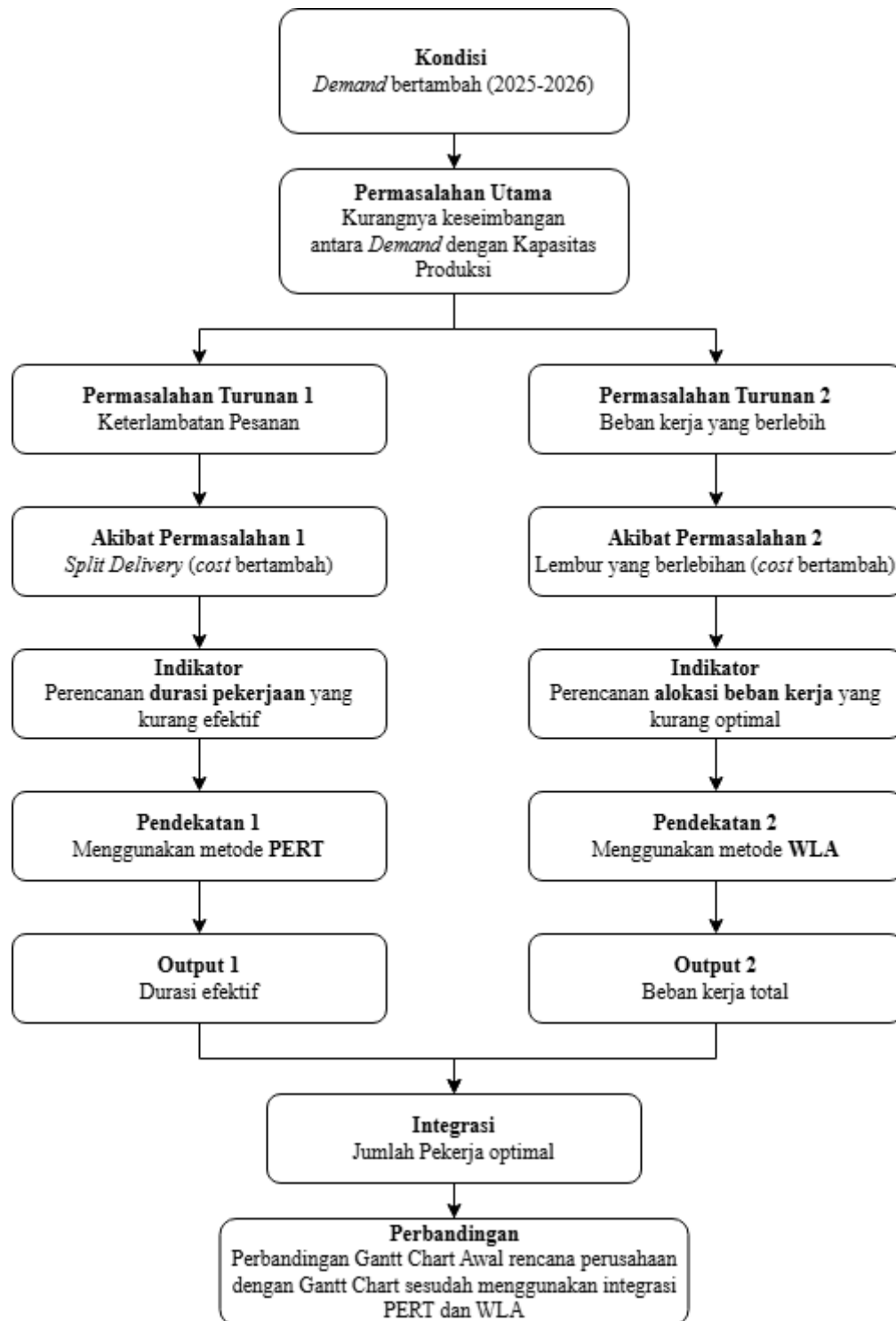
b. *Literature Review*

Dalam penelitian, teori digunakan sebagai patokan atau parameter, seperti buku, jurnal, dan sebagainya, untuk membentuk dasar pemahaman dan parameter penelitian.

Dengan demikian, peneliti memiliki acuan untuk melakukan penelitian mereka.

3.3 Kerangka Pemikiran

Berikut kerangka pemikiran dari penelitian ini.



Gambar 3. 1 Kerangka Pemikiran

Dari kerangka pemikiran diatas berikut merupakan penjelasan lengkapnya.

1. Kondisi

Peningkatan *demand* pada tahun 2025–2026 menyebabkan kapasitas produksi yang ada tidak lagi mencukupi untuk memenuhi kebutuhan secara tepat waktu. Kondisi ini menjadi titik awal munculnya permasalahan utama.

2. Permasalahan Utama

Kurangnya keseimbangan antara demand dengan kapasitas produksi. Kapasitas produksi yang tetap, sementara permintaan meningkat, menimbulkan berbagai permasalahan operasional yang kemudian dikategorikan ke dalam dua kelompok masalah turunan.

3. Permasalahan Turunan 1

Ketidakseimbangan antara permintaan dan kapasitas menyebabkan penyelesaian pesanan tidak dapat dilakukan tepat waktu.

4. Permasalahan Turunan 2

Peningkatan permintaan berdampak pada bertambahnya beban kerja yang harus ditangani tenaga kerja.

5. Akibat Permasalahan 1

Pesanan yang tidak selesai sesuai jadwal mendorong perusahaan melakukan pengiriman secara bertahap, yang berimplikasi pada peningkatan biaya distribusi.

6. Akibat Permasalahan 2

Tingginya beban kerja menyebabkan perlunya lembur tambahan yang berujung pada peningkatan biaya operasional serta potensi penurunan produktivitas.

7. Indikator 1

Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa estimasi durasi dan penjadwalan aktivitas produksi belum efisien.

8. Indikator 2

Hal ini menunjukkan bahwa pembagian beban kerja antar proses maupun antar pekerja belum dilakukan secara proporsional.

9. Pendekatan 1 (PERT)

Melalui pendekatan PERT, proses produksi akan dianalisis untuk memetakan alur aktivitas dari awal hingga akhir, mengidentifikasi jalur atau proses kritis, serta menghitung estimasi waktu penyelesaian aktivitas secara optimis, realistis, dan pesimis. Dari hasil estimasi tersebut, dapat ditentukan waktu kerja efektif yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh rangkaian produksi dengan efisien, sekaligus sebagai dasar penyusunan jadwal

produksi yang lebih realistis. Adapun langkah dan rumus dalam perhitungan PERT sebagai berikut menurut buku yang ditulis oleh (Santosa, 2009).

- a. Waktu Harapan

$$te = \frac{a + 4m + b}{6}$$

- b. Varians

$$v = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

- c. Total Waktu Harapan

$$Te = \sum_{LK} te$$

- d. Variansi Total Proyek

$$Vp = \sum_{LK} v$$

- e. Probabilitas Durasi Proyek

$$Z = \frac{Ts - Te}{\sqrt{Vp}}$$

10. Pendekatan 2 (WLA)

Pada tahap ini yaitu menghitung beban kerja total yaitu jumlah waktu atau usaha yang diperlukan oleh seorang pekerja atau kelompok kerja untuk menyelesaikan semua tugas atau aktivitas dalam jangka waktu tertentu. Dalam menentukan beban kerja total yaitu perlu menghitung waktu normal dan waktu baku sehingga rumus yang digunakan sebagai berikut (Fahmi et al., 2022).

- a. Waktu Normal

Waktu normal berdasarkan landasan teori pada bab dua digambarkan dengan rumus 2.2 sebagai berikut.

$$Wn = Wp \times p$$

- b. Waktu Baku

Waktu baku berdasarkan landasan teori pada bab dua digambarkan dengan rumus 2.3 sebagai berikut.

$$Wb = Wn \times (1 + Allowance)$$

c. **Beban Kerja Total**

Beban kerja total yang dihitung setelah menentukan waktu baku yaitu dengan rumus 2.4 berikut.

$$\text{Beban Kerja Total} = \sum (\text{Frekuensi Aktivitas per Tahun} \times \text{Waktu Baku})$$

11. *Output 1*

Penerapan PERT menghasilkan durasi aktivitas yang realistis, yang dapat digunakan untuk menyusun jadwal produksi yang efisien dan mengurangi risiko keterlambatan dengan presentase (%) keberhasilan yang lebih tinggi.

12. *Output 2*

Hasil analisis WLA menghasilkan total beban kerja dan kebutuhan tenaga kerja yang sesuai untuk mencapai keseimbangan beban kerja.

13. **Integrasi**

Output dari WLA dan PERT akan digunakan untuk menentukan jumlah tenaga kerja optimal dengan cara membandingkan total beban kerja terhadap waktu kerja efektif yang tersedia dalam satu periode produksi. Maka menurut (Kurniawan & Karmelia Shaura, 2022) perhitungan jumlah pegawai yang optimal dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.1 berikut.

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = \frac{\text{Total Beban Kerja}}{\text{Waktu Kerja Efektif per Pegawai}}$$

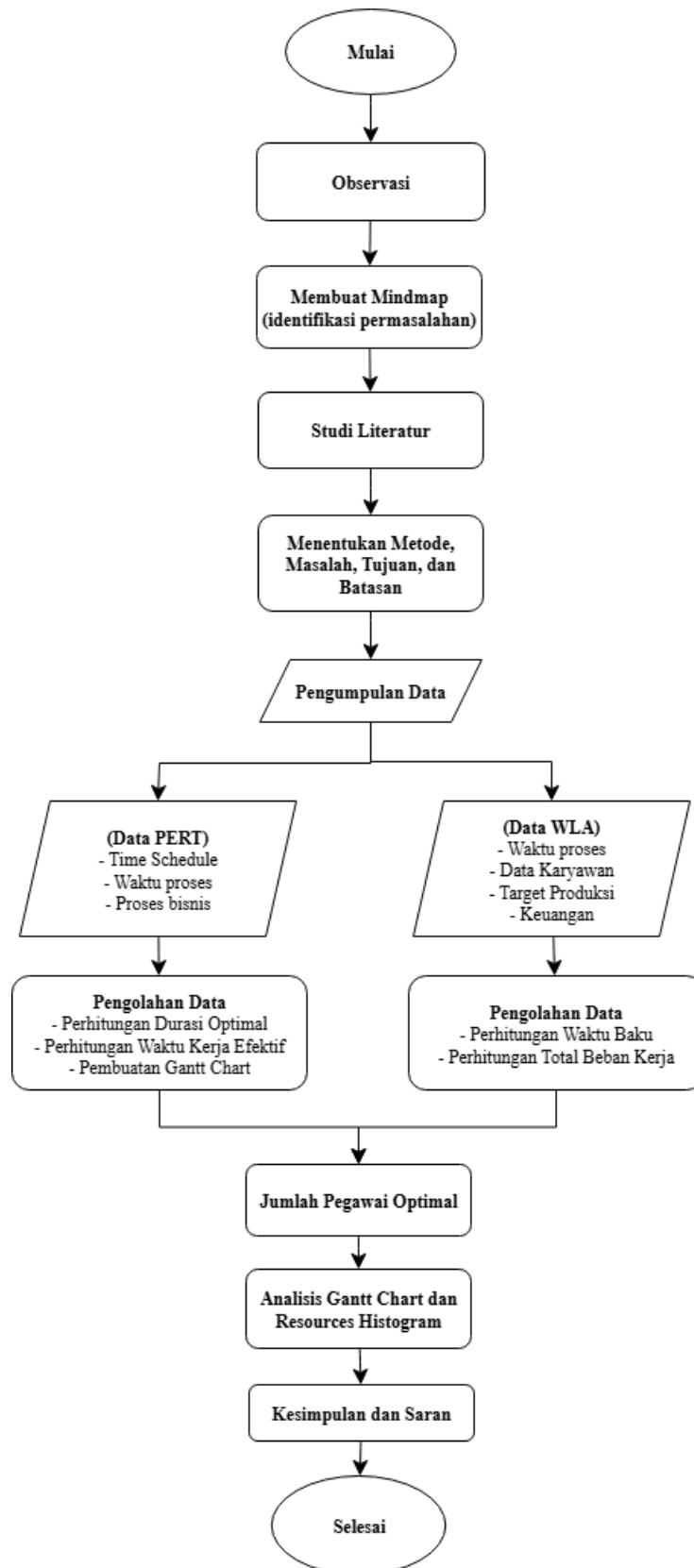
14. **Perbandingan**

Output akhir penelitian terdiri dari dua hasil utama.

- a. *Gantt chart*: menggambarkan jadwal produksi perusahaan selama satu periode berdasarkan durasi kerja optimal.
- b. *Resource histogram*: menunjukkan jumlah tenaga kerja optimal yang dibutuhkan pada setiap aktivitas produksi dan tanggal proses.

3.4 **Alur Penelitian**

Dalam melaksanakan penelitian, peneliti membuat alur penelitian sebagai bentuk visual dari urutan proses penelitian yang dilakukan. Berikut merupakan alur penelitian.



Gambar 3. 2 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan gambar alur penelitian diatas, berikut merupakan penjelasan rinci per kegiatan.

1. Mulai

Tahapan awal sebagai penanda dimulainya proses penelitian.

2. Observasi

Peneliti mengamati langsung kondisi lapangan CV. Asia Warna untuk memahami alur kerja, permasalahan yang terjadi, dan kondisi nyata di perusahaan atau organisasi.

3. Membuat *Mindmap* (Identifikasi Permasalahan)

Hasil observasi digambarkan ke dalam mindmap untuk mengidentifikasi permasalahan-permasalahan utama dan turunan-turunannya. Ini membantu memfokuskan penelitian pada isu yang signifikan yaitu keterlambatan pesanan dan jumlah pekerja yang tidak sesuai. *Mindmap* dilampirkan pada halaman lampiran

4. Studi Literatur

Melakukan telaah terhadap referensi akademik seperti jurnal, buku, atau skripsi sebelumnya untuk memahami teori yang relevan serta metode yang bisa digunakan pada permasalahan yang serupa pada CV. Asia Warna.

5. Menentukan Metode, Masalah, Tujuan, dan Batasan

Setelah melakukan observasi, identifikasi masalah, dan studi literatur, langkah selanjutnya adalah menentukan metode, perumusan masalah, tujuan, serta batasan penelitian. Penentuan metode ini sangat penting karena akan menentukan arah dan pendekatan analisis yang digunakan dalam penelitian. Dalam hal ini, peneliti memilih untuk menggunakan metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) dan *Workload Analysis* (WLA) sebagai kombinasi untuk menganalisis efektivitas waktu kerja dan beban kerja karyawan. Selain itu, pada tahap ini juga dirumuskan masalah utama yang ingin diselesaikan, tujuan dari penelitian yang ingin dicapai, serta batasan-batasan agar ruang lingkup penelitian tidak terlalu luas dan tetap fokus pada permasalahan inti.

6. Pengumpulan Data

Setelah metode dan arah penelitian ditentukan, maka dilakukan pengumpulan data. Data dikumpulkan sesuai kebutuhan masing-masing metode yang digunakan. Untuk metode PERT, data yang dibutuhkan antara lain mencakup *time schedule* (jadwal aktivitas), waktu proses untuk setiap tahapan kerja, serta gambaran alur proses bisnis secara menyeluruh. Sedangkan untuk metode WLA, data yang dikumpulkan meliputi durasi waktu proses pekerjaan, jumlah karyawan yang tersedia, target produksi yang harus dicapai, serta data

keuangan yang relevan untuk mendukung perhitungan efisiensi tenaga kerja. Seluruh data ini bisa diperoleh melalui wawancara, observasi langsung, dokumen perusahaan, maupun formulir pencatatan waktu.

7. Pengolahan Data

Tahap berikutnya adalah pengolahan data, di mana data yang telah dikumpulkan diolah berdasarkan pendekatan masing-masing metode. Pada metode PERT, dilakukan perhitungan durasi optimal dari tiap aktivitas menggunakan rumus estimasi waktu (optimis, realistis, dan pesimis), kemudian dihitung waktu kerja efektif untuk melihat berapa lama pekerjaan dapat diselesaikan secara ideal, serta dibuat *Gantt chart* sebagai alat bantu visualisasi jadwal kerja. Sementara pada metode WLA, dilakukan perhitungan waktu baku dari setiap aktivitas menggunakan standar waktu atau hasil time study, lalu dihitung total beban kerja yang harus ditangani oleh karyawan. Hasil dari kedua pengolahan data ini akan menjadi dasar untuk menentukan kebutuhan jumlah pegawai secara optimal.

8. Menentukan Jumlah Pegawai Optimal.

Setelah menghitung Jam kerja atau Hari kerja efektif proses tersebut dan total beban kerja yang akan dihadapi. Kemudian pada langkah ini merupakan perhitungan jumlah karyawan yang lebih ideal dan optimal berdasarkan beban kerja dan waktu yang telah ditentukan. Pada tahap ini merupakan integrasi metode PERT dan WLA dalam mengestimasi jumlah pekerja serta timeline yang baik.

9. Analisis *Gantt chart* dan Resources Histogram.

Dilakukan analisis menggunakan *Gantt chart* untuk melihat distribusi waktu dan aktivitas secara menyeluruh dan analisis *Resources Histogram* untuk mengalokasikan jumlah pegawai optimal yang sudah ditentukan.

10. Kesimpulan dan Saran

Menarik kesimpulan dari hasil penelitian dan memberikan saran untuk implementasi di dunia kerja nyata atau rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

11. Selesai

Menandakan akhir dari seluruh proses penelitian.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini yaitu pengumpulan data, dimana data yang dikumpulkan oleh peneliti akan digunakan dalam pengolahan dan analisis metode integrasi PERT dan WLA.

4.1.1 Deskripsi Proses Keseluruhan

Deskripsi proses keseluruhan merupakan data yang berisi informasi penjelasan lebih detail pekerjaan dan urutan produksi yang ada di CV. Asia Warna. Berikut merupakan penjelasan urutan proses keseluruhan.

1. Pengadaan Bahan Baku

Aktivitas ini dilakukan oleh bagian logistik dengan menyiapkan bahan utama seperti kertas, tinta, lem, dan bahan pendukung lainnya. Prosesnya mencakup pemesanan ke pemasok, pengecekan kualitas barang yang datang, serta penataan bahan di area penyimpanan. Secara teknis, kegiatan ini memastikan semua material tersedia dan siap dipakai tanpa menghambat jadwal produksi.

2. Pengecekan Mesin

Sebelum produksi dimulai, operator melakukan pemeriksaan kondisi fisik mesin cetak, mesin potong, dan alat finishing. Pemeriksaan meliputi pelumasan komponen, pengecekan kelistrikan, kalibrasi warna, dan uji coba fungsi dasar. Tujuannya memastikan semua mesin beroperasi optimal tanpa gangguan teknis saat proses produksi berjalan.

3. Pembuatan Materi Cetak

Tim desain bekerja menggunakan komputer dan perangkat lunak grafis untuk membuat layout produk. File disesuaikan dengan permintaan pelanggan dari segi ukuran, warna, dan format cetak. Secara teknis, tahap ini menghasilkan file digital siap cetak dengan resolusi dan tata letak yang sesuai standar mesin.

4. Pengecekan Desain dan Isi

File hasil desain diverifikasi oleh bagian kontrol desain untuk memastikan tidak ada kesalahan teks, warna, atau penempatan elemen. Pengecekan dilakukan di komputer. Bila ditemukan kesalahan, file dikembalikan ke desainer untuk revisi sebelum dicetak.

5. Proses Pencetakan

File yang sudah disetujui dikirim ke mesin cetak. Operator memasang kertas pada mesin, menyesuaikan posisi plat, serta mengatur tekanan dan tinta untuk menjaga warna tetap konsisten. Hasil cetak kemudian ditumpuk dan disiapkan untuk tahap pemotongan. Pada tahap ini biasanya operator mampu mencetak 500 lembar sekali cetak.



Gambar 4. 1 Proses Pencetakan

6. Proses Pemotongan

Lembaran hasil cetak dipotong menggunakan mesin pemotong otomatis dengan pengaturan ukuran sesuai spesifikasi produk. Operator menyesuaikan posisi tumpukan kertas dan memastikan hasil potongan presisi. Potongan yang sudah rapi dikumpulkan untuk proses *finishing*.



Gambar 4. 2 Proses Pemotongan

7. Proses *Finishing*

Buku atau produk cetak melalui tahap penjilidan, pelapisan, pemasangan cover, dan pengepakan. Semua pekerjaan dilakukan secara manual dengan alat bantu seperti lem panas dan mesin press staples. Secara teknis, bagian ini menyatukan semua komponen hasil cetak menjadi produk akhir yang siap diperiksa kualitasnya.



Gambar 4. 3 Proses *Finishing*

8. Proses *Quality Control* (QC) dan Pengemasan

Pada tahap ini pemeriksaan hasil produk berdasarkan aspek visual, kesesuaian jilid, kesesuaian warna, serta kebersihan hasil cetak. Pemeriksaan dilakukan per buku secara satu persatu menggunakan cara manual dengan ketelitian mata. Setelah pemeriksaan, buku-buku yang telah lolos QC dikelompokkan dan diberi label tujuan pengiriman. Proses kemudian dilanjutkan ke tahap pengemasan, di mana buku-buku dibungkus dan disusun sesuai pesanan pelanggan agar siap dikirim. Proses QC dan pengemasan digabung dalam satu aktivitas dikarenakan kedua proses tersebut dikerjakan dalam satu siklus oleh operator yang sama.



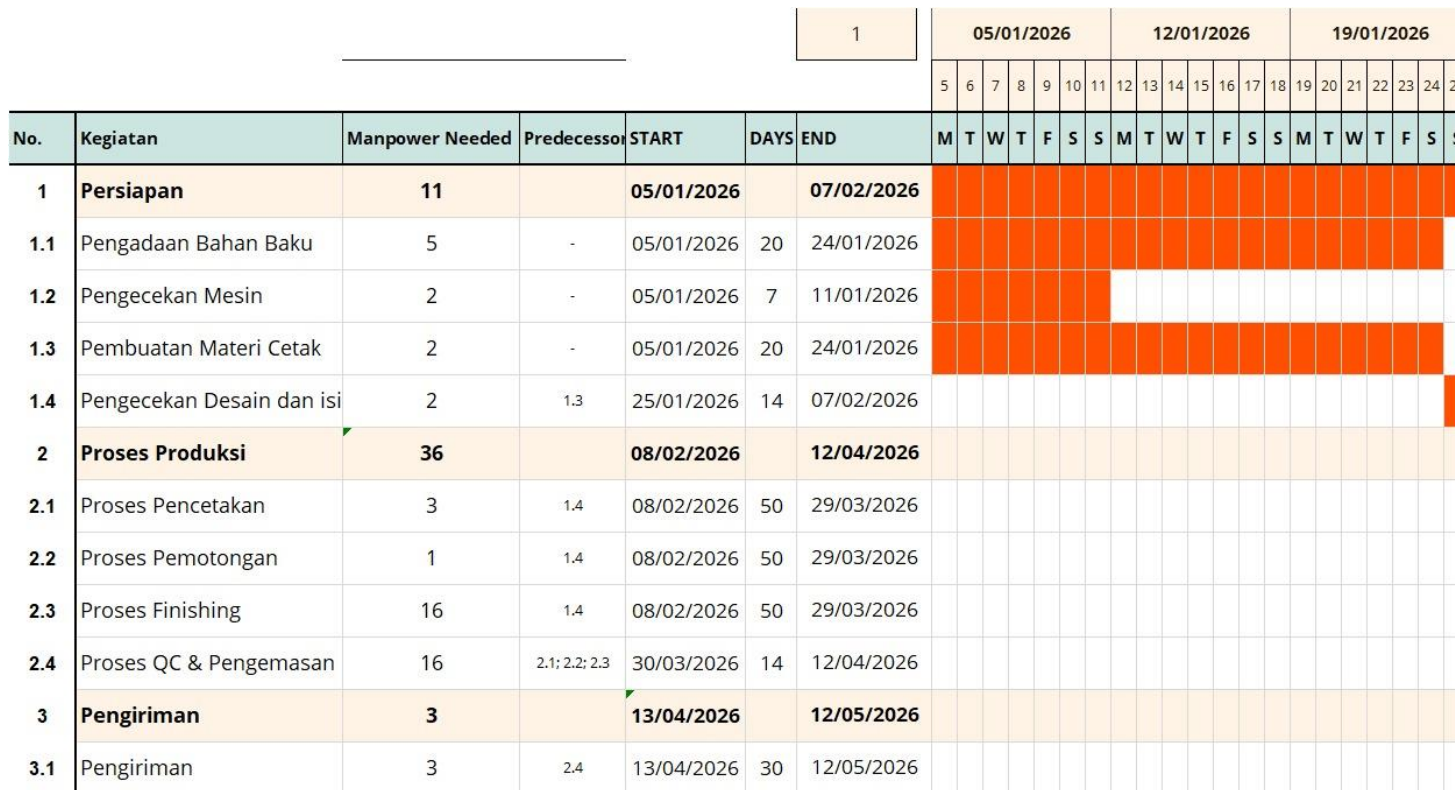
Gambar 4. 4 Proses QC & Pengemasan

9. Proses Pengiriman

Produk yang sudah lolos QC dikemas dan diberi label tujuan. Tim logistik melakukan pengecekan jumlah pesanan, menata barang di kendaraan, dan mengatur rute distribusi. Secara teknis, proses ini memastikan semua pesanan dikirim tepat waktu, aman, dan sesuai daftar pengiriman pelanggan.

4.1.2 Jadwal Proses Bisnis

Jadwal proses bisnis merupakan skejul yang digunakan untuk mengatur durasi pekerjaan pada proses dari awal hingga akhir. Berikut merupakan rencana jadwal produksi CV. Asia Warna periode semester 1 tahun 2026 yang akan digunakan sebagai acuan dalam menentukan durasi optimal dan jadwal terbaru dengan penyesuaian metode PERT.



Gambar 4. 5 Gantt chart Jadwal Semester 1 2026 (1)

4.1.3 Durasi Optimis, Durasi Pesimis, dan Durasi Mungkin.

Tabel berikut menunjukkan perkiraan waktu yang diperlukan untuk setiap aktivitas produksi dari tiga sudut pandang q (manajer produksi), x (staf senior), dan z (staf baru). Menurut tingkat pengalaman dan pemahaman mereka tentang proses kerja, masing-masing pihak memberikan perkiraan waktu optimis (a), paling mungkin (m), dan pesimis (b). Estimasi manajer produksi umumnya mencerminkan target efisiensi ideal, sedangkan staf senior memberikan nilai yang lebih realistis karena pengalaman langsung di lapangan. Ketiga perspektif perbandingan ini membantu menjelaskan perbedaan persepsi antara beban kerja dan tingkat produktivitas. Mereka juga berfungsi sebagai dasar untuk analisis PERT untuk menentukan waktu ekspektasi yang paling representatif untuk proyek secara keseluruhan.

Tabel 4. 1 Durasi Optimis, Pesimis, dan Paling Mungkin

No.	Pekerjaan	Predecessor	q			x			z		
			Durasi hari			Durasi hari			Durasi hari		
			a	m	b	a	m	b	a	m	b
1.1	Pengadaan Bahan Baku	-	16	20	25	15	20	24	19	20	21
1.2	Pengecekan Mesin	-	3	7	11	4	7	8	5	7	12
1.3	Pembuatan Materi Cetak	-	13	20	25	14	20	25	19	20	21
1.4	Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	1.1; 1.2; 1.3	9	14	20	9	14	17	11	14	15
2.1	Proses Pencetakan	1.4	48	50	53	47	50	52	45	50	52
2.2	Proses Pemotongan	1.4	44	50	51	44	50	52	47	50	53
2.3	Proses <i>Finishing</i>	1.4	54	50	63	51	50	58	53	50	58
2.4	Proses QC & Pengemasan	2.1; 2.2	13	14	21	11	14	21	9	14	18
3.1	Pengiriman	2.4	27	30	33	25	30	32	23	30	33

No.	Pekerjaan	Predecessor	q			x			z		
			Durasi hari			Durasi hari			Durasi hari		
			a	m	b	a	m	b	a	m	b
Total			282	353	227	255	302	220	255	289	231

4.1.4 Informasi Jam Kerja dan Upah

Berikut merupakan informais terkait jam kerja, maksimal hari kerja dan upah dalam satu semester di tahun 2026 dimana mengacu pada kalender akademik sekolah di jawa tengah.

Tabel 4. 2 Infromasi Hari Kerja

Maksimal Hari Kerja semester 1 (2026)	Jam Kerja (Detik)	Upah / Hari (Rp)
149 hari	28800 detik	80.000

4.1.5 Waktu Siklus

Data waktu sikluas berisi hasil pengamtan berupa waktu detik pada setiap pekerjaan produksi. Denga melakukan pengamatan dan observasi secara langsung, penulis mengambil sampe waktu siklus sebanyak 10 waktu pengamtan. Pengamatan waktu siklus hanya dilakukan pada aktivitas produksi yang memiliki proses bersiklus dan aktivitas inti dalam produksi buku di CV. Asia Warna dimana pekerjaan seperti pengadaan bahan baku, pengecekan mesin, dan pengiriman tidak dimasukan dalam perhitungan waktu siklus dan penentuan jumlah pegawai optimal dikarenakan memiliki ugensy yang berbeda dan tidak masuk ke dalam proses produksi secara langsung. Adapun perhitungan waktu siklus per pekerjaan dinilai dari aktivitas sebgai berikut.

1. Pembuatan materi cetak

Pengambilan waktu dimulai dari operator membuka device dan mulai memasukan bahan cetak ke dalam desain halaman buku, siklus ini dihitung dari pengerjaan satu halaman.

2. Pengecekan desain & isi

Pengambilan waktu dimulai sejak operator membuka device dan memulai proses pemeriksaan terhadap desain serta isi halaman buku, kemudian diakhiri setelah pengecekan satu halaman selesai dilakukan.

3. Proses pencetakan

Waktu dihitung mulai dari saat operator mengambil satu rim kertas (500 lembar) dan memasukkannya ke mesin cetak, hingga seluruh lembar selesai dicetak dan diletakkan di area penampungan untuk proses selanjutnya.

4. Proses pemotongan

Pengambilan waktu dimulai ketika operator mengambil hasil cetak sebanyak empat rim kertas, kemudian melakukan proses pemotongan sesuai ukuran yang ditentukan, dan diakhiri setelah hasil potongan diletakkan di area kerja berikutnya.

5. Proses *finishing*

Waktu diukur mulai dari pengambilan lembaran hasil potongan untuk satu buku, kemudian dilakukan pemasangan cover dan proses penjilidan menggunakan staples, hingga buku selesai dan ditempatkan di area proses berikutnya.

6. Proses QC & Pengemasan

Pengambilan waktu dimulai dari saat satu buku diambil untuk dilakukan pemeriksaan kualitas hasil cetak dan penjilidan, kemudian diakhiri setelah buku selesai diperiksa dan dinyatakan sesuai standar mutu.

Tabel 4. 3 Pengamtan Watu Siklus

No.	Pekerjaan	Pengamatan (Detik)										Jumlah
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.3	Pembuatan materi cetak	260	233	257	252	264	245	243	228	249	242	2473
1.4	Pengecekan desain & isi	118	113	116	129	128	110	119	117	128	118	1196
2.1	Proses pencetakan	471	523	463	480	484	500	488	504	521	484	4918
2.2	Proses pemotongan	302	314	280	307	299	317	310	291	292	287	2999
2.3	Proses <i>finishing</i>	165	157	166	156	178	178	179	171	173	177	1700
2.4	Proses QC & Pengemasan	58	64	58	65	59	60	60	60	62	59	605

4.1.6 Data Jumlah Pekerja

Adpaun data jumlah pekerja merupakan informasi jumlah pekerja pada setiap pekerjaan produksi. Dari data ini dapat dilihat jumlah pekerja produksi yang ada sebelum dilakukannya analisis beban kerja.

Tabel 4. 4 Rencana Jumlah Pekerja 2026

No.	Pekerjaan	Jumlah Pekerja/ 1 Mesin
1.3	Pembuatan materi cetak	2
1.4	Pengecekan desain & isi	2
2.1	Proses pencetakan	3
2.2	Proses pemotongan	1
2.3	Proses <i>finishing</i>	16
2.4	Proses QC & Pengemasan	16

4.1.7 Data Rating Factor

1. Pembuatan Materi Cetak

- *Skill*, didapatkan nilai 0,10 karena Pekerja telah terlatih menggunakan gawai perusahaan sehingga keterampilan dinilai baik.
- *Effort*, didapatkan nilai 0,06 Usaha tergolong sedang karena proses kreatif kadang terkendala inspirasi.
- *Condition*, didapatkan nilai -0,02 karena fasilitas terbatas namun masih dapat diatasi sehingga kondisi sedikit mengurangi kinerja.
- *Consistency*, didapatkan nilai 0,04 Konsistensi sangat baik karena alur kerja sudah baku dan repetitif

2. Pengecekan desain & isi

- *Skill*, didapatkan nilai 0,09 karena kegiatan ini memerlukan ketelitian serta kemampuan analitis sehingga keterampilan dinilai di atas rata-rata.
- *Effort*, didapatkan nilai 0,07 karena usaha relatif tinggi karena pemeriksa harus fokus dan teliti agar tidak terjadi kesalahan.
- *Condition*, didapatkan nilai -0,02 karena keterbatasan alat masih sedikit berpengaruh terhadap kenyamanan kerja.
- *Consistency*, didapatkan nilai 0,03 karena konsistensi baik meskipun tingkat fokus dapat berfluktuasi tergantung beban kerja.

3. Proses pencetakan

- *Skill*, didapatkan nilai 0,08 karena operator memiliki kemampuan yang baik dalam mengoperasikan mesin, meskipun belum sepenuhnya mahir menangani gangguan.
- *Effort*, didapatkan nilai 0,10 karena usaha tinggi karena volume pekerjaan besar dan memerlukan kewaspadaan berkelanjutan.
- *Condition*, didapatkan nilai 0,05 karena kondisi kerja mendukung; mesin terawat dengan baik sehingga lingkungan kerja nyaman.
- *Consistency*, didapatkan nilai 0,04 karena konsistensi sangat baik karena proses dikendalikan mesin dengan prosedur yang jelas.

4. Proses pemotongan

- *Skill*, didapatkan nilai 0,12 karena keterampilan sangat baik karena sebagian besar karyawan telah dilatih khusus untuk mengoperasikan mesin pemotong.
- *Effort*, didapatkan nilai 0,11 karena usaha tinggi mengingat ritme kerja cepat dan akurasi hasil pemotongan harus terjaga.
- *Condition*, didapatkan nilai 0,03 karena kondisi kerja normal dan stabil sehingga tidak menghambat produktivitas.
- *Consistency*, didapatkan nilai 0,04 karena konsistensi tinggi karena penggunaan mesin dan penerapan standar kerja yang jelas.

5. Proses *finishing*

- *Skill*, didapatkan nilai 0,05 karena pekerjaan bersifat sederhana dan repetitif, sehingga tidak memerlukan keterampilan tinggi.
- *Effort*, didapatkan nilai 0,03 karena usaha rendah hingga sedang karena beban fisik ringan dan mudah dilakukan.
- *Condition*, didapatkan nilai -0,04 karena kondisi lingkungan kurang ideal akibat suhu area kerja yang relatif tinggi.
- *Consistency*, didapatkan nilai 0,02 karena konsistensi cukup baik, namun dapat menurun akibat kelelahan dari aktivitas berulang.

6. Proses QC & Pengemasan

- *Skill*, didapatkan nilai 0,06 karena pemeriksaan mutu membutuhkan keterampilan membaca standar serta pengalaman dalam menganalisis hasil, sehingga dinilai baik.
- *Effort*, didapatkan nilai 0,07 karena usaha sedang hingga tinggi karena tanggung jawab besar terhadap ketepatan hasil pemeriksaan.

- *Condition*, didapatkan nilai -0,03 karena kondisi area QC masih terpengaruh oleh suhu tinggi di area *finishing*.
- *Consistency*, didapatkan nilai 0,03 karena konsistensi baik, meskipun kejenuhan dapat muncul karena pola kerja yang berulang.

Tabel 4. 5 *Rating Factor*

Pekerjaan	<i>Skill</i>	<i>Effort</i>	<i>Condition</i>	<i>Consistency</i>	<i>Total Rating Factor</i>	<i>Normal Rating</i>
Pembuatan materi cetak	0,10	0,06	-0,02	0,04	0,18	1
Pengecekan desain & isi	0,09	0,07	-0,02	0,03	0,17	1
Proses pencetakan	0,08	0,10	0,05	0,04	0,27	1
Proses pemotongan	0,12	0,11	0,03	0,04	0,30	1
Proses <i>finishing</i>	0,05	0,03	-0,04	0,02	0,06	1
Proses QC & Pengemasan	0,06	0,07	-0,03	0,03	0,13	1

4.1.8 Data Allowance

- Tenaga yang Dikeluarkan

Aktivitas seperti QC & Pengemasan serta *finishing* dilakukan manual tanpa mesin otomatis, melibatkan tenaga fisik sedang hingga berat (mengangkat dan menata kertas, stapler manual, dan packing). Berdasarkan ILO, pekerjaan dengan tenaga sedang–berat berkisar 10–20%, sehingga diambil 8% agar tetap moderat.

- Sikap Kerja

Sebagian besar proses seperti pencetakan dan pemotongan, dilakukan dengan posisi berdiri di meja kerja. Berdasarkan ILO, posisi ini masuk kategori 1–2,5%, sehingga ditetapkan 2%.

- Gerakan Kerja

Aktivitas pemindahan dan penataan kertas membuat gerakan tubuh terbatas karena dilakukan di area sempit. Mengacu tabel ILO, untuk gerakan agak terbatas nilainya 3–5%, diambil 4%.

- Kelelahan Mata

Aktivitas QC dan pengecekan desain membutuhkan pengamatan visual namun tidak terus menerus pada layar monitor. Berdasarkan ILO, untuk kategori ini 1–2%, dipilih 1% karena penggunaan visual sedang.

- Keadaan Temperatur Tempat Kerja

Area *workshop* cenderung lumayan panas karena mesin aktif dan ventilasi terbatas. Mengacu tabel ILO, kategori ini berada di rentang 8–20% untuk kondisi tinggi. Diambil 6% karena suhu masih bisa ditoleransi dengan istirahat pendek dan tempat produksi yang berada di desa sehingga udara tergolong sejuk.

- Keadaan Atmosfer

Ventilasi cukup baik, tidak ada gas atau debu berbahaya, hanya udara panas normal. Sesuai ILO, sehingga nilainya 0–5%, diambil 1%.

- Keadaan Lingkungan yang Baik

Lingkungan kerja bersih dan terorganisir walau sempit, pencahayaan cukup, kebisingan masih dalam batas wajar. Diberikan 1% sebagai *Allowance* ringan.

- Kelonggaran Pribadi

Kebutuhan pribadi seperti minum dan toilet dilakukan saat pergantian shift; mengikuti ILO umumnya 1–3%, diambil 2%.

Tabel 4. 6 *Allowance* ILO

Klasifikasi	Subfaktor Dominan	Kelonggaran (%)
Tenaga yang dikeluarkan	Sedang–berat	8
Sikap kerja	Berdiri di atas dua kaki	2
Gerakan kerja	Agak terbatas	4
Kelelahan mata	Pandangan berubah-ubah fokus	1
Keadaan temperatur tempat kerja	Tinggi (28–38°C)	6
Keadaan atmosfer	Cukup	1
Keadaan lingkungan yang baik	Baik	1
Kelonggaran pribadi	Normal	2

4.1.9 Data Permintaan

Data Permintaan menunjukkan rekapitulasi jumlah permintaan produksi buku pada periode semester 1 tahun 2026. Data ini mencakup jumlah jenis buku yang diproduksi, total permintaan dalam satuan buku, serta rata-rata jumlah halaman per buku. Informasi ini menjadi dasar perencanaan kapasitas produksi dan estimasi kebutuhan sumber daya dalam proses pencetakan.

Tabel 4. 7 Data Permintaan

Periode	Jumlah Jenis Buku	Jumlah Permintaan (Buku)	Rata-rata Jumlah Halaman
2026 (semester 1)	50	90.396	60

4.1.10 Jumlah Aktivitas

Berikut merupakan informasi jumlah aktivitas yang dihitung berdasarkan kemampuan kapasitas mesin dan karyawan dalam memproses jumlah permintaan selama satu periode atau setengah tahun, sebagai berikut.

Tabel 4. 8 Data Jumlah Aktivitas

Aktivitas	Jumlah Aktivitas
Pembuatan materi cetak	3000
Pengecekan desain & isi	3000
Proses pencetakan	5424
Proses pemotongan	2712
Proses <i>finishing</i>	90396
Proses QC & Pengemasan	90396

Berdasarkan Tabel 4.8, jumlah aktivitas ditentukan berdasarkan karakteristik siklus kerja pada setiap proses. Pada proses pembuatan materi cetak dan pengecekan desain & isi, perhitungan dilakukan dari jumlah jenis buku dikalikan dengan rata-rata jumlah halaman, karena kedua proses tersebut memiliki satu siklus kerja untuk setiap halaman yang dikerjakan. Selanjutnya, pada proses pencetakan, jumlah aktivitas dihitung dari hasil perkalian antara jumlah permintaan buku dan rata-rata jumlah halaman, kemudian dibagi dengan kapasitas mesin per siklus yaitu satu rim (500 lembar). Untuk proses pemotongan, satu siklus kerja mampu memproses empat rim kertas, sehingga jumlah aktivitas diperoleh dari total hasil cetak dibagi empat. Sedangkan pada proses *finishing*, QC & Pengemasan, masing-masing dihitung

berdasarkan jumlah permintaan, karena setiap siklus mewakili satu buku yang diselesaikan dan diperiksa.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Pengolahan Data PERT

Pada perhitungan PERT ini dilakukan analisis untuk menentukan durasi optimal penyelesaian proyek produksi dengan mempertimbangkan tingkat ketidakpastian waktu pada setiap aktivitas. Perhitungan diawali dengan menentukan waktu harapan *expected time* berdasarkan estimasi optimis, paling mungkin, dan pesimis dari masing-masing aktivitas. Selanjutnya dilakukan perhitungan waktu normal dan waktu baku untuk memperoleh estimasi durasi kerja yang lebih realistis. Dari hasil tersebut dihitung pula total waktu harapan, variansi per aktivitas, serta total variansi proyek guna mengetahui tingkat penyebaran waktu di sepanjang jalur kritis. Hasil akhir dari perhitungan ini digunakan untuk menentukan durasi optimal proyek dan menghitung persentase peluang tercapainya target waktu penyelesaian sesuai hari yang telah direncanakan.

4.2.1.1 Perhitungan Waktu Harapan

Pada tahap ini dilakukan perhitungan waktu harapan untuk setiap aktivitas proyek. Waktu harapan digunakan untuk memperkirakan durasi rata-rata penyelesaian suatu aktivitas berdasarkan tiga jenis estimasi waktu, yaitu waktu optimis (a), waktu paling mungkin (m), dan waktu pesimis (b). Nilai waktu harapan dihitung menggunakan rumus berikut, yang memberikan bobot lebih besar pada estimasi waktu paling mungkin karena dianggap paling mendekati kondisi aktual di lapangan.

1. Pembuatan materi cetak

$$te = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$te = \frac{15 + 4.24 + 20}{6}$$

$$te = 20$$

2. Pengecekan desain & isi

$$te = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$te = \frac{10 + 4.17 + 14}{6}$$

$$te = 14$$

3. Proses pencetakan

$$te = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$te = \frac{47 + 4.52 + 50}{6}$$

$$te = 50$$

4. Proses pemotongan

$$te = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$te = \frac{45 + 4.52 + 50}{6}$$

$$te = 50$$

5. Proses *finishing*

$$te = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$te = \frac{53 + 4.60 + 50}{6}$$

$$te = 52$$

6. Proses QC & Pengemasan

$$te = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$te = \frac{11 + 4.20 + 14}{6}$$

$$te = 15$$

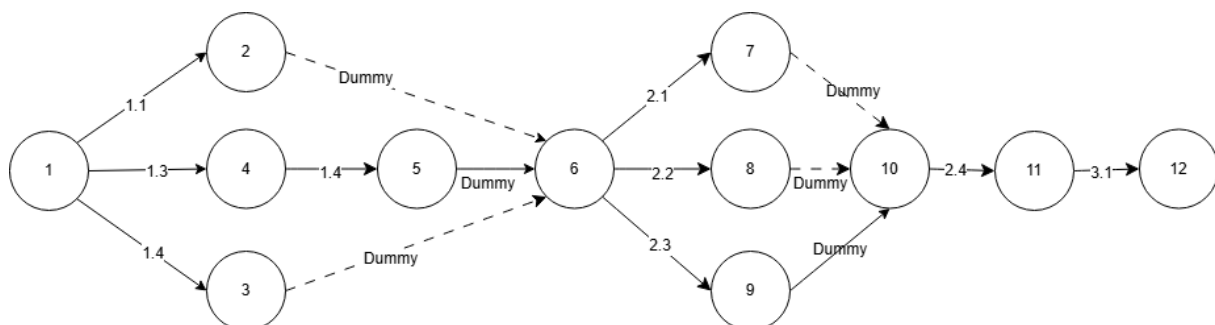
Tabel 4. 9 Tabel Waktu Harapan

No.	Pekerjaan	Predecessor	Rata-rata			
			Durasi hari			
			a	m	b	te
1.1	Pengadaan Bahan Baku	-	17	20	23	20
1.2	Pengecekan Mesin	-	4	7	10	7
1.3	Pembuatan Materi Cetak	-	15	20	24	20
1.4	Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	1.1; 1.2; 1.3	10	14	17	14
2.1	Proses Pencetakan	1.4	47	50	52	50
2.2	Proses Pemotongan	1.4	45	50	52	50

No.	Pekerjaan	Predecessor	Rata-rata			
			Durasi hari			
			a	m	b	te
2.3	Proses <i>Finishing</i>	1.4	53	50	60	52
2.4	Proses QC & Pengemasan	2.1; 2.2	11	14	20	15
3.1	Pengiriman	2.4	25	30	33	30
	Total		282	353	226	255

4.2.1.2 Network Diagram Activity on Arrow (AOA)

Pada tahap ini dilakukan penyusunan *Network Diagram Activity on Arrow (AOA)* untuk menggambarkan hubungan ketergantungan antar aktivitas dalam proyek. Diagram ini menampilkan urutan logis dari setiap kegiatan, mulai dari aktivitas awal hingga aktivitas akhir, lengkap dengan penggunaan *dummy activity* sebagai penanda hubungan antar kegiatan yang tidak memiliki durasi tetapi berfungsi menjaga kejelasan urutan logika.



Gambar 4. 8 Network Diagram

Melalui diagram jaringan ini, dapat diidentifikasi jalur kritis yang menunjukkan rangkaian aktivitas dengan waktu terpanjang yang menentukan durasi total proyek. Diagram AOA menjadi dasar dalam perhitungan waktu paling awal (ES), waktu paling akhir (LS), *Slack time*, serta analisis probabilitas penyelesaian proyek berdasarkan metode PERT. Berikut merupakan perhitungan *network diagram* versi perhitungan ES, LS, dan *Slack*.

1. Pengadaan Bahan Baku

Forward Pass:

$$ES = 0$$

$$EF = ES + te$$

$$EF = 0 + 20 = 20$$

Backward Pass

$$LF = 34$$

$$LS = LF - te$$

$$LS = 34 - 14 = 14$$

Slack

$$Slack = LS - ES$$

$$Slack = 14 - 0 = 14$$

2. Pengecekan Mesin

Forward Pass:

$$ES = 0$$

$$EF = ES + te = 0 + 7 = 7$$

Backward Pass:

$$LF = 34$$

$$LS = LF - te = 34 - 7 = 27$$

Slack:

$$Slack = LS - ES = 27 - 0 = 27$$

3. Pembuatan Materi Cetak

Forward Pass:

$$ES = 0$$

$$EF = ES + te = 0 + 20 = 20$$

Backward Pass:

$$LF = 20$$

$$LS = LF - te = 20 - 20 = 0$$

Slack:

$$Slack = LS - ES = 0 - 0 = 0$$

4. Pengecekan Desain dan isi Materi cetak

Forward Pass:

$$ES = 14$$

$$EF = ES + te = 14 + 20 = 34$$

Backward Pass:

$$LF = 34$$

$$LS = LF - te = 34 - 20 = 14$$

Slack:

$$\text{Slack} = \text{LS} - \text{ES} = 14 - 14 = 0$$

5. Proses Pencetakan

Forward Pass:

$$\text{ES} = 34$$

$$\text{EF} = \text{ES} + \text{te} = 34 + 50 = 84$$

Backward Pass:

$$\text{LF} = 86$$

$$\text{LS} = \text{LF} - \text{te} = 86 - 50 = 36$$

Slack:

$$\text{Slack} = \text{LS} - \text{ES} = 36 - 34 = 2$$

6. Proses Pemotongan

Forward Pass:

$$\text{ES} = 34$$

$$\text{EF} = \text{ES} + \text{te} = 34 + 50 = 84$$

Backward Pass:

$$\text{LF} = 86$$

$$\text{LS} = \text{LF} - \text{te} = 86 - 50 = 36$$

Slack:

$$\text{Slack} = \text{LS} - \text{ES} = 36 - 34 = 2$$

7. Proses Finishing

Forward Pass:

$$\text{ES} = 34$$

$$\text{EF} = \text{ES} + \text{te} = 34 + 52 = 86$$

Backward Pass:

$$\text{LF} = 86$$

$$\text{LS} = \text{LF} - \text{te} = 86 - 52 = 34$$

Slack:

$$\text{Slack} = \text{LS} - \text{ES} = 34 - 34 = 0$$

8. Proses QC & Pengemasan

Forward Pass:

$$\text{ES} = 86$$

$$EF = ES + te = 86 + 15 = 101$$

Backward Pass:

$$LF = 101$$

$$LS = LF - te = 101 - 15 = 86$$

Slack:

$$Slack = LS - ES = 86 - 86 = 0$$

9. Pengiriman

Forward Pass:

$$ES = 101$$

$$EF = ES + te = 101 + 30 = 131$$

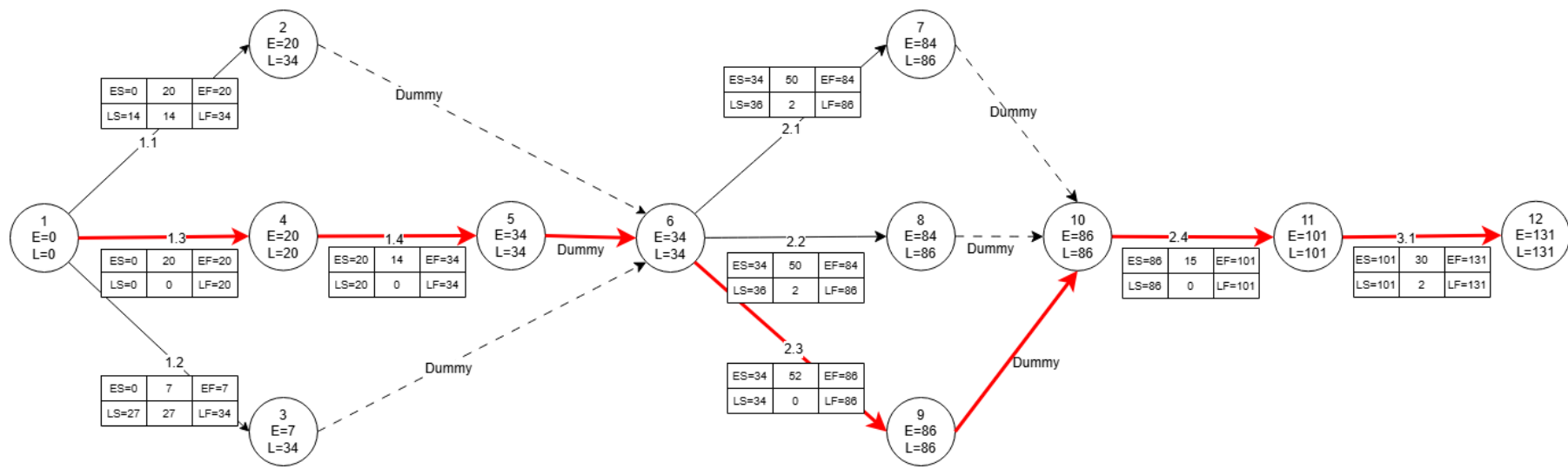
Backward Pass:

$$LF = 131$$

$$LS = LF - te = 131 - 30 = 101$$

Slack:

$$Slack = LS - ES = 101 - 101 = 0$$



Gambar 4. 9 Network Diagram Activity on Arrow

Tabel 4. 10 Perhitungan *Network diagram* AOA

No.	Pekerjaan	Durasi	ES	EF	LS	LF	Slack
1.1	Pengadaan Bahan Baku	20	0	20	14	34	14
1.2	Pengecekan Mesin	7	0	7	27	34	27
1.3	Pembuatan Materi Cetak	20	0	20	0	20	0
1.4	Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	20	34	20	34	0
2.1	Proses Pencetakan	50	34	84	36	86	2
2.2	Proses Pemotongan	50	34	84	36	86	2
2.3	Proses <i>Finishing</i>	52	34	86	34	86	0
2.4	Proses QC & Pengemasan	15	86	101	86	101	0
3.1	Pengiriman	30	101	131	101	131	0

Maka didapatkan dari *Network diagram* yaitu nilai *Slack* yang akan menentukan dimana jalur kritis dari nilai *Slack*-nya. Didapatkan nilai *Slack* pada pekerjaan pembuatan materi cetak, pengecekan desain, proses *finishing*, dan proses QC & Pengemasan merupakan jalur kritis dengan nilai *Slack* yaitu 0.

4.2.1.3 Perhitungan Variansi

Pada tahap ini dilakukan perhitungan variansi (v) untuk setiap aktivitas proyek dengan tujuan mengetahui tingkat penyebaran atau ketidakpastian waktu terhadap nilai waktu harapan. Nilai variansi dihitung berdasarkan selisih antara waktu pesimis dan waktu optimis yang kemudian dibagi enam dan dikuadratkan, seperti ditunjukkan pada rumus 2.13.

1. Pengadaan Bahan Baku

$$v = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

$$v = \left(\frac{20 - 17}{6} \right)^2$$

$$v = 1,23 \approx 1$$

2. Pengecekan Mesin

$$v = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

$$v = \left(\frac{10 - 4}{6} \right)^2$$

$$v = 1,11 \approx 1$$

3. Pembuatan Materi Cetak

$$v = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

$$v = \left(\frac{24 - 15}{6} \right)^2$$

$$v = 1,93 \approx 2$$

4. Pengecekan Desain dan isi Materi cetak

$$v = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

$$v = \left(\frac{17 - 10}{6} \right)^2$$

$$v = 1,63 \approx 2$$

5. Proses Pencetakan

$$v = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

$$v = \left(\frac{52 - 47}{6} \right)^2$$

$$v = 0,89 \approx 1$$

6. Proses Pemotongan

$$v = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

$$v = \left(\frac{52 - 45}{6} \right)^2$$

$$v = 1,36 \approx 1$$

7. Proses *Finishing*

$$v = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

$$v = \left(\frac{60 - 11}{6} \right)^2$$

$$v = 2,25 \approx 2$$

8. Proses QC & Pengemasan

$$v = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

$$v = \left(\frac{20 - 11}{6} \right)^2$$

$$v = 2,25 \approx 2$$

9. Pengiriman

$$v = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

$$v = \left(\frac{33 - 25}{6} \right)^2$$

$$v = 1,63 \approx 2$$

Maka didapatkan nilai variansi, waktu harapan, dan slack time disajikan pada tabel 4.8 dibawah.

Tabel 4. 11 Variansi

No.	Pekerjaan	Predecessor	Rata-rata					
			Durasi hari					Slack
			a	m	b	te	v	
1.1	Pengadaan Bahan Baku	-	17	20	23	20	1,23	14
1.2	Pengecekan Mesin	-	4	7	10	7	1,11	27
1.3	Pembuatan Materi Cetak	-	15	20	24	20	1,93	0
1.4	Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	1.1; 1.2; 1.3	10	14	17	14	1,63	0
2.1	Proses Pencetakan	1.4	47	50	52	50	0,89	2
2.2	Proses Pemotongan	1.4	45	50	52	50	1,36	2
2.3	Proses <i>Finishing</i>	1.4	53	50	60	52	1,36	0
2.4	Proses QC & Pengemasan	2.1; 2.2	11	14	20	15	2,25	0
3.1	Pengiriman	2.4	25	30	33	30	1,63	0
Total			226	255	291	256	13,41	45

4.2.1.4 Perhitungan Total Waktu Harapan dan Total Variansi

Pada tahap ini dilakukan perhitungan total waktu harapan (Te) dan total variansi proyek untuk menentukan durasi keseluruhan penyelesaian proyek berdasarkan jalur kritis. Nilai total waktu harapan diperoleh dari penjumlahan seluruh waktu harapan pada aktivitas yang berada di jalur kritis, berikut merupakan perhitungan total waktu harapan dengan menggunakan rumus 2.14.

$$Te = \sum_{LK} te$$

$$Te = 20 + 14 + 52 + 15 + 30 = 131$$

Sedangkan total variansi merupakan hasil penjumlahan variansi dari aktivitas-aktivitas tersebut. Berikut merupakan perhitungan total variansi dengan menggunakan rumus 2.15.

$$Vp = \sum_{LK} v$$

$$Vp = 13,41$$

4.2.1.5 Perhitungan Probabilitas Durasi

Pada tahap ini dilakukan perhitungan probabilitas durasi proyek untuk mengetahui peluang tercapainya waktu penyelesaian sesuai target yang telah ditentukan. Perhitungan ini menggunakan nilai Z-score yang sudah dicantumkan tabel Z-score pada halaman lampiran. Dalam perhitungan ini, nilai pertama yang akan dihitung adalah durasi awal perusahaan yaitu 128 hari, untuk mengetahui probabilitas durasi sebelum melakukan metode PERT, berikut merupakan perhitungan untuk durasi sebelum dengan menggunakan rumus 2.16,

$$Z = \frac{T_s - T_e}{\sqrt{V_p}}$$

$$Z = \frac{128 - 131}{\sqrt{13,41}} = -0,82$$

Didapat nilai Z pada durasi 128 hari yaitu -0,82 dimana melihat tabel distribusi normal mendapatkan presentase keberhasilan sebesar 20,61%. Kemudian menghitung durasi baru dengan memperhitungkan maksimal hari kerja pada periode tersebut yaitu 149 hari. Maka diuji dalam hitungan selanjutnya yaitu dengan durasi 145 hari sebagai berikut.

$$Z = \frac{145 - 131}{\sqrt{13,41}} = 3,82$$

Dengan mendapatkan nilai Z dari 145 hari yaitu 3,82 dimana mengacu pada tabel distribusi normal besar peluang keberhasilan durasi tersebut mencapai 99,99%.

4.2.2 Pengolahan Data WLA

Pada bagian ini dilakukan pengolahan data *Work Load Analysis* yang bertujuan untuk menentukan waktu baku dan beban kerja total dari setiap aktivitas yang diamati. Pengolahan data dimulai dengan pengujian keseragaman dan kecukupan data untuk memastikan hasil pengamatan layak digunakan. Selanjutnya dilakukan penentuan *rating factor* dan *Allowance* guna menyesuaikan hasil pengamatan terhadap kondisi kerja aktual. Tahapan berikutnya meliputi perhitungan waktu normal, waktu baku, serta beban kerja total yang menjadi dasar dalam analisis efisiensi tenaga kerja dan perencanaan kebutuhan sumber daya pada proses produksi. Pada pengolahan ini, perhitungan beban kerja hanya dilakukan pada pekerjaan yang terlibat langsung dengan produksi. Perhitungan ini mengesampingkan pekerjaan seperti pengadaan bahan baku, pengecekan alat dan mesin, serta pengiriman dikarenakan pengamatan waktu siklus yang sangat bervariasi sehingga memungkinkan ketidakcukupan dan keseragaman data yang akan dihasilkan.

4.2.2.1 Perhitungan Uji Keseragaman Data

Pada tahap ini dilakukan uji keseragaman data untuk mengetahui apakah data hasil pengamatan memiliki tingkat penyebaran yang seragam dan dapat mewakili kondisi sebenarnya. Perhitungan dilakukan dengan menentukan rata-rata waktu pengamatan ($\bar{x}$) menggunakan rumus 2.3.

Tabel 4. 12 Rata-rata Waktu Pengamatan

No.	Pekerjaan	Pengamatan (Detik)										Jumlah (xi)	Rata-rata ($\bar{x}$)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1.3	Pembuatan materi cetak	260	233	257	252	264	245	243	228	249	242	2473	247,3
1.4	Pengecekan desain & isi	118	113	116	129	128	110	119	117	128	118	1196	119,6
2.1	Proses pencetakan	471	523	463	480	484	500	488	504	521	484	4918	491,8
2.2	Proses pemotongan	302	314	280	307	299	317	310	291	292	287	2999	299,9
2.3	Proses <i>finishing</i>	165	157	166	156	178	178	179	171	173	177	1700	170
2.4	Proses QC & Pengemasan	58	64	58	65	59	60	60	60	62	59	605	60,5

Setelah menghitung rata-rata dari nilai waktu pengamatan, selanjutnya menghitung nilai standar deviasi dari hasil pengamatan tersebut, berikut merupakan perhitungan standar deviasi dengan menggunakan rumus 2.4.

1. Pembuatan materi cetak

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (2473 - 247,3)^2}{10 - 1}}$$

$$\sigma = 11,4896$$

2. Pengecekan desain & isi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (1196 - 120)^2}{10 - 1}}$$

$$\sigma = 6,5862$$

3. Proses pencetakan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(4918 - 492)^2}{10 - 1}}$$

$$\sigma = 19,9433$$

4. Proses pemotongan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(2999 - 300)^2}{10 - 1}}$$

$$\sigma = 12,2606$$

5. Proses *finishing*

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(1700 - 170)^2}{10 - 1}}$$

$$\sigma = 8,6538$$

6. Proses QC & Pengemasan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(605 - 61)^2}{10 - 1}}$$

$$\sigma = 2,4152$$

Maka didapatkan nilai rata-rata dan standar deviasi pada tabel 4.10 berikut.

Tabel 4. 13 Rata-rata Waktu Pengamatan

No.	Pekerjaan	Jumlah	Rata-rata	σ
1.3	Pembuatan materi cetak	2473	247	11,4896
1.4	Pengecekan desain & isi	1196	120	6,5862
2.1	Proses pencetakan	4918	492	19,9433
2.2	Proses pemotongan	2999	300	12,2606
2.3	Proses <i>finishing</i>	1700	170	8,6538
2.4	Proses QC & Pengemasan	605	61	2,4152

4.2.2.2 Perhitungan Batas Kontrol Atas dan Batas Kontrol Bawah

Pada tahap ini dilakukan perhitungan Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) untuk menentukan apakah data hasil pengamatan masih berada dalam batas kendali yang dapat diterima. Nilai batas kontrol dihitung berdasarkan rata-rata waktu pengamatan ($\bar{x}$) serta simpangan baku (σ) dengan menggunakan konstanta k , yang pada penelitian ini bernilai 3

sesuai dengan tingkat kepercayaan 99%. Berikut merupakan perhitungan BKA dan BKB dengan rumus 2.5 dan 2.6.

1. Pembuatan materi cetak

- Batas Kontrol Atas

$$BKA = \bar{x} + (k \times \sigma)$$

$$BKA = 241,2 + (3 \times 11,4896)$$

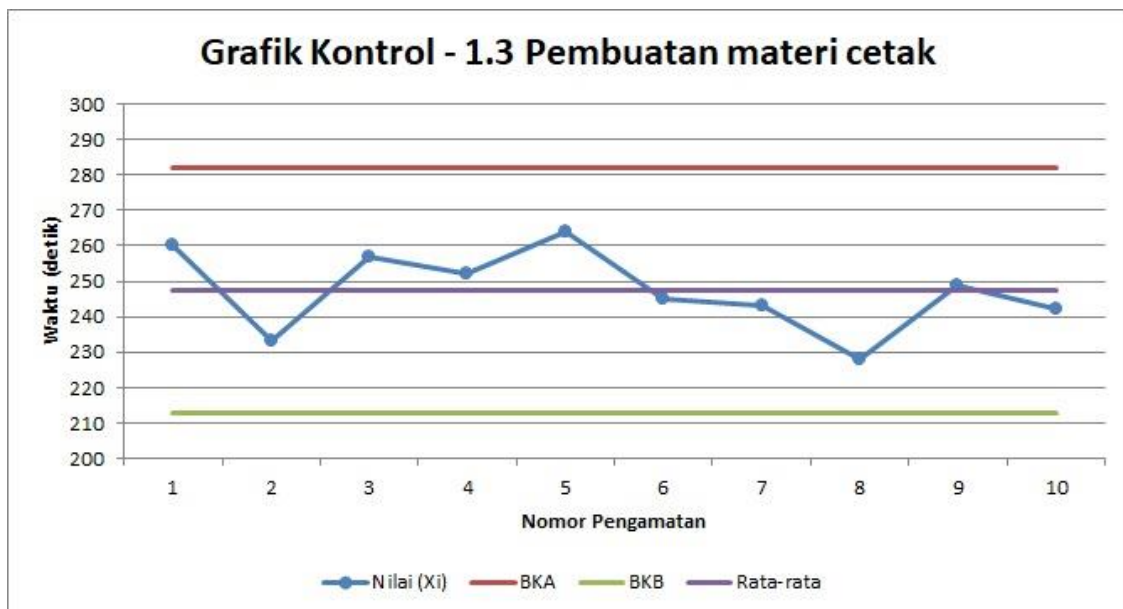
$$BKA = 282$$

- Batas Kontrol Bawah

$$BKB = \bar{x} - (k \times \sigma)$$

$$BKB = 241,2 - (3 \times 11,4896)$$

$$BKB = 213$$



Gambar 4. 10 Grafik Kontrol Pembuatan Materi Cetak

2. Pengecekan desain & isi

- Batas Kontrol Atas

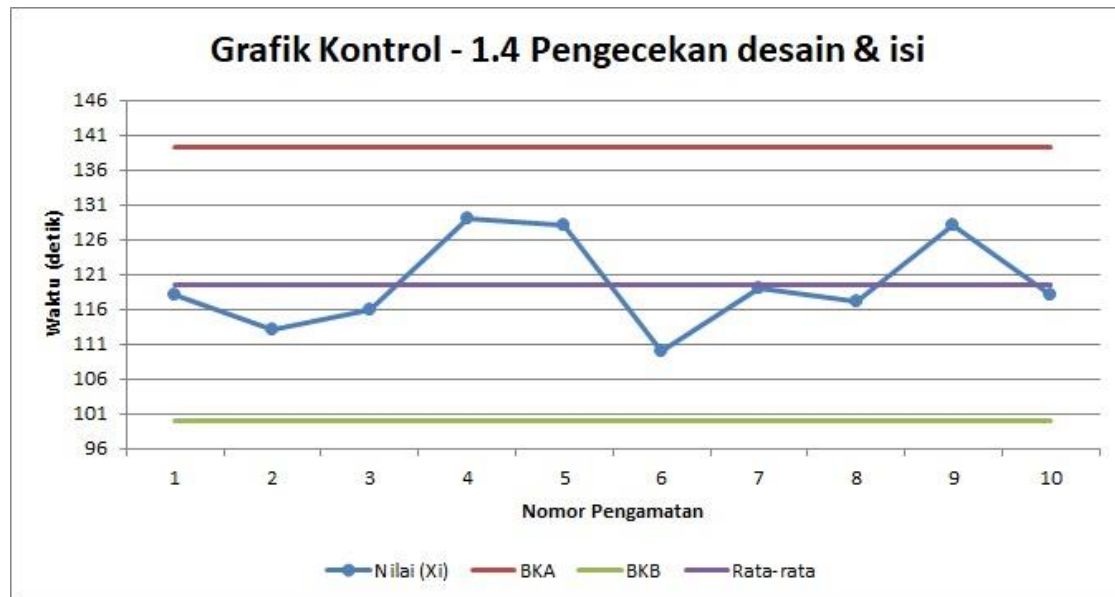
$$BKA = 119,8 + (3 \times 6,5862)$$

$$BKA = 139$$

- Batas Kontrol Bawah

$$BKB = 119,8 - (3 \times 6,5862)$$

$$BKB = 100$$



Gambar 4. 11 Grafik Kontrol Pengecekan desain & isi

3. Proses pencetakan

- Batas Kontrol Atas

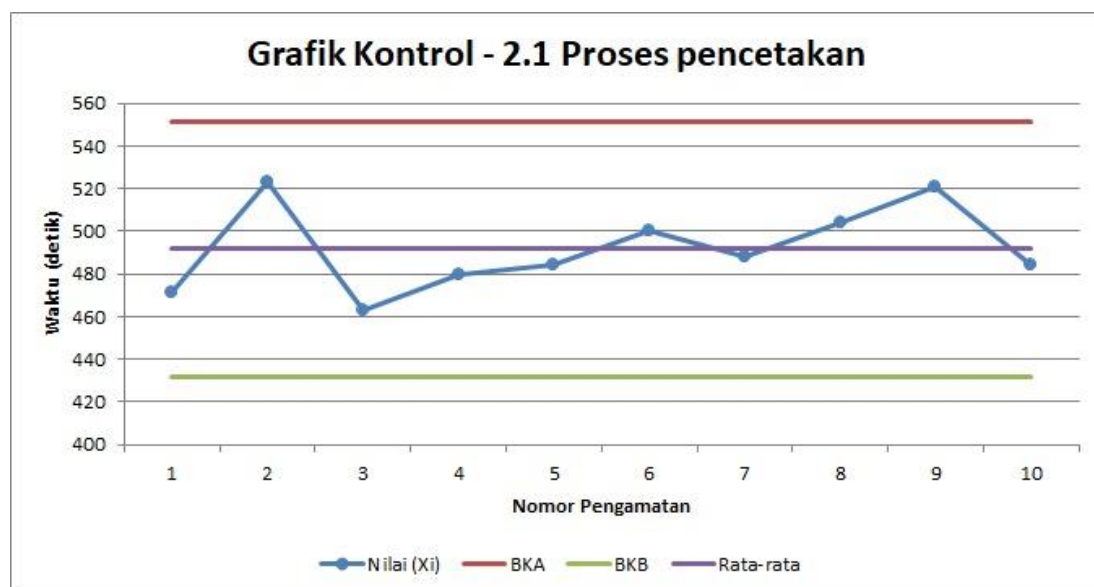
$$BKA = 511,2 + (3 \times 19,9433)$$

$$BKA = 552$$

- Batas Kontrol Bawah

$$BKB = 511,2 - (3 \times 19,9433)$$

$$BKB = 432$$



Gambar 4. 12 Grafik Kontrol Proses Pencetakan

4. Proses pemotongan

- Batas Kontrol Atas

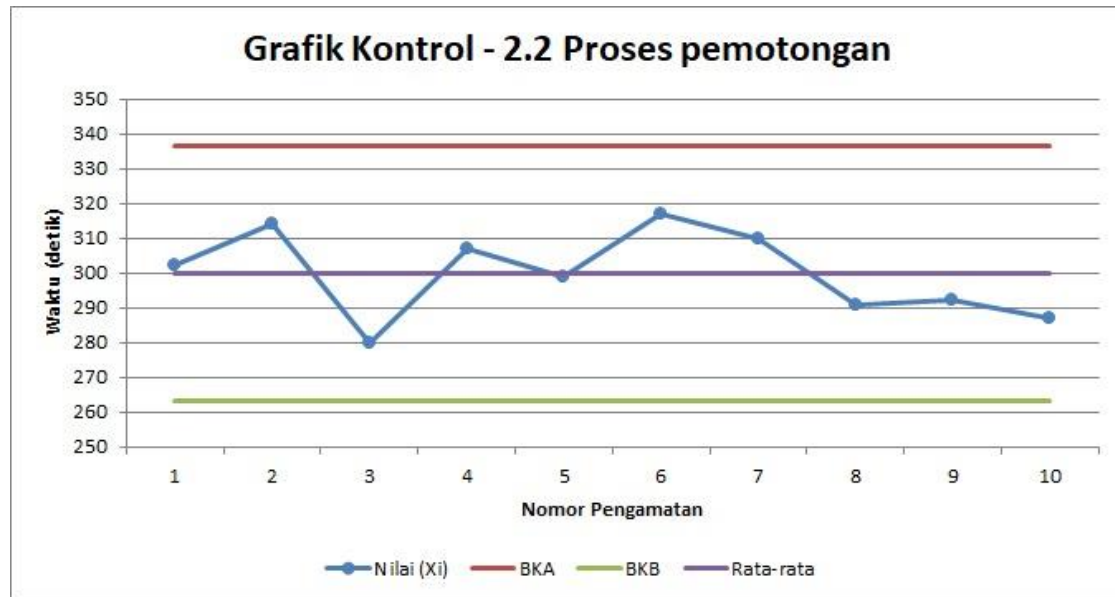
$$BKA = 299,2 + (3 \times 12,2606)$$

$$BKA = 337$$

- Batas Kontrol Bawah

$$BKB = 299,2 - (3 \times 12,2606)$$

$$BKB = 263$$



Gambar 4. 13 Grafik Kontrol Proses Pemotongan

5. Proses *finishing*

- Batas Kontrol Atas

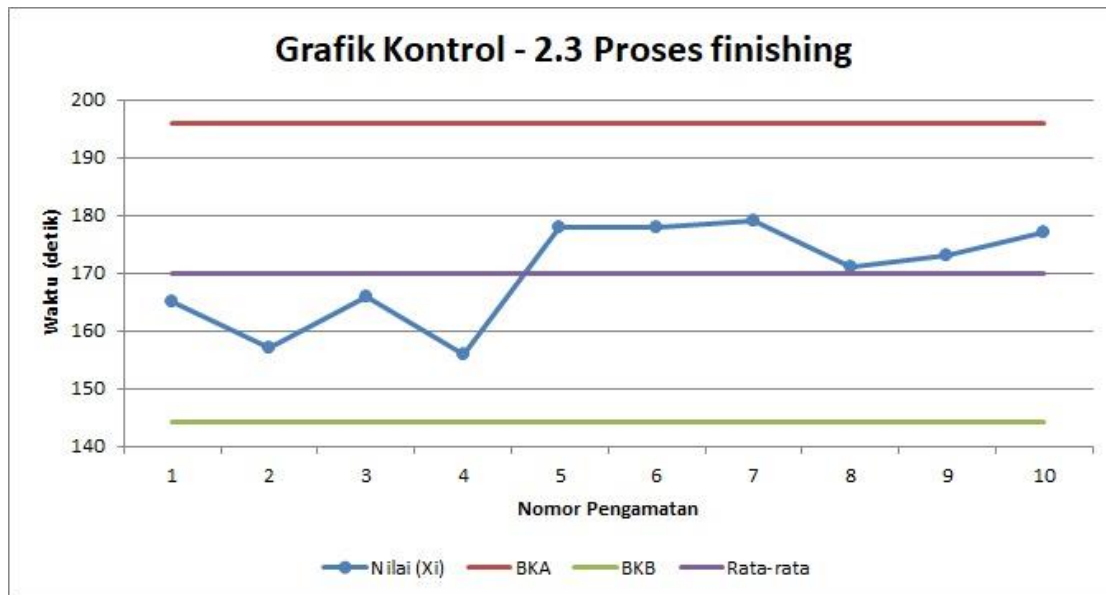
$$BKA = 167,4 + (3 \times 8,6538)$$

$$BKA = 196$$

- Batas Kontrol Bawah

$$BKB = 167,4 - (3 \times 8,6538)$$

$$BKB = 144$$



Gambar 4. 14 Grafik Kontrol Proses *Finishing*

6. Proses QC & Pengemasan

- Batas Kontrol Atas

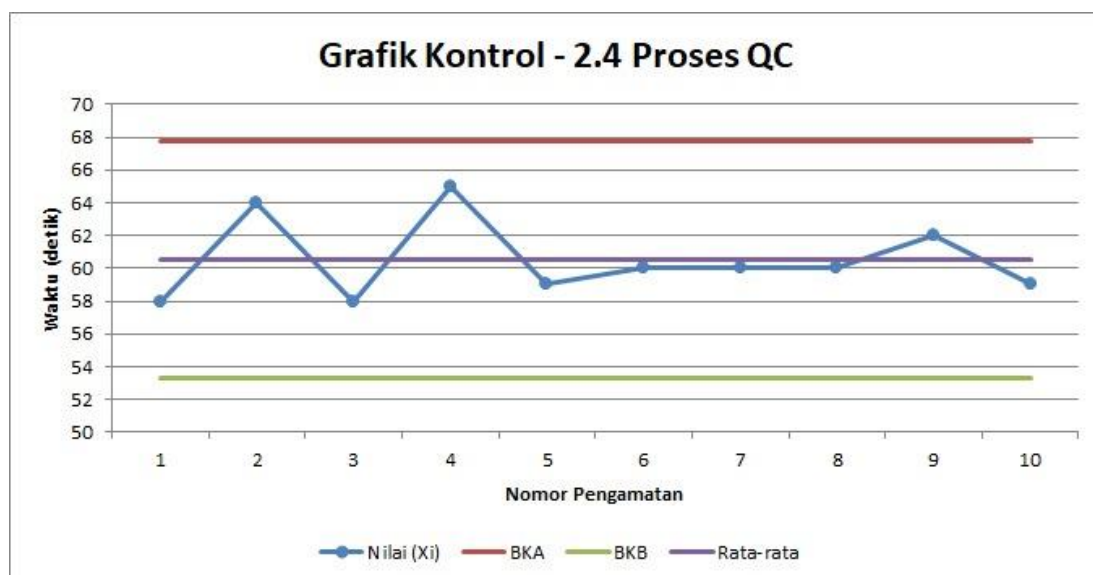
$$BKA = 61 + (3 \times 2,4152)$$

$$BKA = 68$$

- Batas Kontrol Bawah

$$BKB = 61 - (3 \times 2,4152)$$

$$BKB = 54$$



Gambar 4. 15 Grafik Kontrol Proses QC

Tabel 4. 14 Nilai BKA & BKB

No.	Pekerjaan	Jumlah	Rata-rata	Standar Deviasi	BKA	BKB
1.3	Pembuatan materi cetak	2412	241,2	11,4896	282	213
1.4	Pengecekan desain & isi	1198	119,8	6,5862	139	100
2.1	Proses pencetakan	5112	511,2	19,9433	552	432
2.2	Proses pemotongan	2992	299,2	12,2606	337	263
2.3	Proses <i>finishing</i>	1674	167,4	8,6538	196	144
2.4	Proses QC & Pengemasan	36015	3601,5	2,4152	68	53

4.2.2.3 Perhitungan Uji Kecukupan Data

Pada tahap ini dilakukan uji kecukupan data untuk memastikan jumlah pengamatan yang diambil telah memadai dan mewakili kondisi sebenarnya. Pada perhitungan ini menggunakan kepercayaan 99% sehingga nilai k adalah 3. Jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan dihitung dengan rumus 2.7.

1. Pembuatan materi cetak

$$N' = \left\lceil \frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \Sigma(xi^2) - (\Sigma(xi))^2}}{\Sigma xi} \right\rceil$$

$$N' = \left\lceil \frac{\frac{3}{0,1} \sqrt{10 \Sigma(2473^2) - (\Sigma(2473))^2}}{\Sigma 2473} \right\rceil$$

$$N' = 3,11$$

2. Pengecekan desain & isi

$$N' = \left\lceil \frac{\frac{3}{0,1} \sqrt{10 \Sigma(1196^2) - (\Sigma(1196))^2}}{\Sigma 1196} \right\rceil$$

$$N' = 4,37$$

3. Proses pencetakan

$$N' = \left[\frac{\frac{3}{0,1} \sqrt{10 \Sigma(4918^2) - (\Sigma(4918))^2}}{\Sigma 4918} \right]$$

$$N' = 2,37$$

4. Proses pemotongan

$$N' = \left[\frac{\frac{3}{0,1} \sqrt{10 \Sigma(2999^2) - (\Sigma(2999))^2}}{\Sigma 2999} \right]$$

$$N' = 2,41$$

5. Proses *finishing*

$$N' = \left[\frac{\frac{3}{0,1} \sqrt{10 \Sigma(1700^2) - (\Sigma(1700))^2}}{\Sigma 1700} \right]$$

$$N' = 3,73$$

6. Proses QC & Pengemasan

$$N' = \left[\frac{\frac{3}{0,1} \sqrt{10 \Sigma(605) - (\Sigma(605))^2}}{\Sigma 605} \right]$$

$$N' = 3,11$$

Dari perhitungan diatas maka didapatkan nilai N' yang akan dibandingkan dengan nilai N. Apabila nilai $N > N'$ maka jumlah pengamatan dikatakan cukup.

Tabel 4. 15 Kecukupan Data

Pekerjaan	N	N'	Status
1.3 Pembuatan materi cetak	10	3,11	CUKUP
1.4 Pengecekan desain & isi	10	4,37	CUKUP
2.1 Proses pencetakan	10	2,37	CUKUP
2.2 Proses pemotongan	10	2,41	CUKUP
2.3 Proses <i>finishing</i>	10	3,73	CUKUP
2.4 Proses QC & Pengemasan	10	2,29	CUKUP

4.2.2.4 Perhitungan *Rating Factor*

Pada tahap ini dihitung rating kinerja operator untuk menormalkan waktu hasil pengamatan. Penilaian dilakukan dengan empat komponen Westinghouse, *Skill*, *Effort*, *Conditions*, dan *Consistency*. Dalam menghitung nilai p atau total rating factor maka nilai p merupakan waktu hasil observasi normal yaitu 1,00 sehingga hasil dari perhitungan Rating Factor sebagai berikut yang disajikan di Tabel 4.13.

$$p = \text{Rating normal operator} + \text{Rating performance}$$

Tabel 4. 16 *Rating Factor*

Pekerjaan	<i>Skill</i>	<i>Effort</i>	<i>Condition</i>	<i>Consistency</i>	Total Rating Factor	Rating Normal	<i>p</i>
Pembuatan materi cetak	0,10	0,06	-0,02	0,04	0,18	1	1,18
Pengecekan desain & isi	0,09	0,07	-0,02	0,03	0,17	1	1,17
Proses pencetakan	0,08	0,10	0,05	0,04	0,27	1	1,27
Proses pemotongan	0,12	0,11	0,03	0,04	0,30	1	1,30
Proses <i>finishing</i>	0,05	0,03	-0,04	0,02	0,06	1	1,06
Proses QC & Pengemasan	0,06	0,07	-0,03	0,03	0,13	1	1,13

4.2.2.5 Perhitungan *Allowance*

Pada tahap ini dilakukan perhitungan *Allowance* atau kelonggaran waktu yang diberikan kepada operator untuk menyesuaikan kondisi kerja nyata. Perhitungan dilakukan dengan menjumlahkan seluruh nilai *Allowance* dari setiap faktor seperti kebutuhan pribadi, kelelahan, dan hambatan tak terduga sehingga diperoleh total *Allowance* yang akan digunakan dalam perhitungan waktu baku. Didapatkan nilai total *Allowance* dari keseluruhan proses produksi yaitu 25% atau 0,25.

Tabel 4. 17 Jumlah Total Allowance

Klasifikasi	Subfaktor Dominan	Kelonggaran (%)
Tenaga yang dikeluarkan	Sedang–berat	8
Sikap kerja	Berdiri di atas dua kaki	2
Gerakan kerja	Agak terbatas	4
Kelelahan mata	Pandangan berubah-ubah fokus	1
Keadaan temperatur tempat kerja	Tinggi (28–38°C)	6
Keadaan atmosfer	Cukup	1
Keadaan lingkungan yang baik	Baik	1
Kelonggaran pribadi	Normal	2
Total		25

4.2.2.6 Perhitungan Waktu Normal

Pada tahap ini dilakukan perhitungan waktu normal (W_n) untuk menyesuaikan hasil pengamatan terhadap tingkat kinerja operator. Nilai waktu normal diperoleh dengan mengalikan waktu pengamatan (W_p) dengan rating factor (p) yang telah ditentukan sebelumnya menggunakan metode *Westinghouse*. Berikut merupakan perhitungan waktu normal dengan menggunakan rumus 2.8.

1. Pembuatan materi cetak

$$W_n = W_p \times p$$

$$W_n = 247 \times 1,18 = 292 \text{ detik}$$

2. Pengecekan desain & isi

$$W_n = W_p \times p$$

$$W_n = 120 \times 1,17 = 140 \text{ detik}$$

3. Proses pencetakan

$$W_n = W_p \times p$$

$$W_n = 492 \times 1,27 = 625 \text{ detik}$$

4. Proses pemotongan

$$W_n = W_p \times p$$

$$W_n = 300 \times 1,3 = 390 \text{ detik}$$

5. Proses *finishing*

$$W_n = W_p \times p$$

$$W_n = 170 \times 1,06 = 180 \text{ detik}$$

6. Proses QC & Pengemasan

$$W_n = W_p \times p$$

$$W_n = 61 \times 1,13 = 68 \text{ detik}$$

Tabel 4. 18 Waktu Normal

Aktivitas	Wn (detik)
Pembuatan materi cetak	292
Pengecekan desain & isi	140
Proses pencetakan	625
Proses pemotongan	390
Proses <i>finishing</i>	180
Proses QC & Pengemasan	68

4.2.2.7 Perhitungan Waktu Baku

Pada tahap ini dilakukan perhitungan waktu baku (W_b) untuk mengetahui total waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan suatu aktivitas secara realistis. Nilai waktu baku diperoleh dengan mengalikan waktu normal (W_n) dengan faktor penyesuaian dari *Allowance*, sehingga waktu baku mencerminkan waktu kerja aktual yang telah mempertimbangkan kelonggaran bagi pekerja. Berikut merupakan perhitungan waktu baku dengan menggunakan rumus 2.9.

1. Pembuatan Materi Cetak

$$W_b = W_n \times (1 + \text{Allowance})$$

$$W_b = 292 \times (1 + 0,25)$$

$$W_b = 365 \text{ detik}$$

2. Pengecekan Desain dan Isi

$$W_b = W_n \times (1 + \text{Allowance})$$

$$W_b = 140 \times (1 + 0,25)$$

$$W_b = 175 \text{ detik}$$

3. Proses Pencetakan

$$Wb = Wn \times (1+Allowance)$$

$$Wb = 625 \times (1+0,25)$$

$$Wb = 781 \text{ detik}$$

4. Proses Pemotongan

$$Wb = Wn \times (1+Allowance)$$

$$Wb = 390 \times (1+0,25)$$

$$Wb = 487 \text{ detik}$$

5. Proses *Finishing*

$$Wb = Wn \times (1+Allowance)$$

$$Wb = 180 \times (1+0,25)$$

$$Wb = 225 \text{ detik}$$

6. Proses QC & Pengemasan

$$Wb = Wn \times (1+Allowance)$$

$$Wb = 68 \times (1+0,25)$$

$$Wb = 85 \text{ detik}$$

Tabel 4. 19 Waktu Baku

Aktivitas	Wb (detik)
Pembuatan materi cetak	365
Pengecekan desain & isi	175
Proses pencetakan	781
Proses pemotongan	487
Proses <i>finishing</i>	225
Proses QC & Pengemasan	85

4.2.2.8 Perhitungan Beban Kerja Total

Pada tahap ini dilakukan perhitungan beban kerja total untuk mengetahui jumlah waktu yang dibutuhkan pekerja dalam menyelesaikan seluruh aktivitas selama satu periode. Nilai beban kerja total diperoleh dari hasil penjumlahan antara frekuensi aktivitas per tahun dengan waktu baku (Wb) masing-masing aktivitas. Hasil perhitungan ini digunakan untuk menilai tingkat efisiensi serta beban kerja yang diterima oleh operator secara keseluruhan. Dengan menggunakan rumus 2.10 berikut merupakan perhitungan total beban kerja selama satu periode dari semua aktivitas produksi.

1. Pembuatan Materi Cetak

$$\text{Beban Kerja Total} = \sum(\text{Frekuensi Aktivitas per Tahun} \times \text{Waktu Baku})$$

$$\text{Beban Kerja Total} = \sum(3000 \times 365)$$

$$\text{Beban Kerja Total} = 1094303 \text{ detik/periode}$$

2. Pengecekan Desain & Isi

$$\text{Beban Kerja Total} = \sum(\text{Frekuensi Aktivitas per Tahun} \times \text{Waktu Baku})$$

$$\text{Beban Kerja Total} = \sum(3000 \times 175)$$

$$\text{Beban Kerja Total} = 524745 \text{ detik/periode}$$

3. Proses Pencetakan

$$\text{Beban Kerja Total} = \sum(\text{Frekuensi Aktivitas per Tahun} \times \text{Waktu Baku})$$

$$\text{Beban Kerja Total} = \sum(5424 \times 781)$$

$$\text{Beban Kerja Total} = 4234506 \text{ detik/periode}$$

4. Proses Pemotongan

$$\text{Beban Kerja Total} = \sum(\text{Frekuensi Aktivitas per Tahun} \times \text{Waktu Baku})$$

$$\text{Beban Kerja Total} = \sum(2712 \times 487)$$

$$\text{Beban Kerja Total} = 1321601 \text{ detik/periode}$$

5. Proses *Finishing*

$$\text{Beban Kerja Total} = \sum(\text{Frekuensi Aktivitas per Tahun} \times \text{Waktu Baku})$$

$$\text{Beban Kerja Total} = \sum(90396 \times 225)$$

$$\text{Beban Kerja Total} = 20361699 \text{ detik/periode}$$

6. Proses QC & Pengemasan

$$\text{Beban Kerja Total} = \sum(\text{Frekuensi Aktivitas per Tahun} \times \text{Waktu Baku})$$

$$\text{Beban Kerja Total} = \sum(90396 \times 85)$$

$$\text{Beban Kerja Total} = 7724903 \text{ detik/periode}$$

Tabel 4. 20 Beban Kerja

Aktivitas	Allowance	Wb	jumlah aktivitas	Beban Kerja (detik/periode)
Pembuatan materi cetak	0,25	365	3000	1094303
Pengecekan desain & isi	0,25	175	3000	524745
Proses pencetakan	0,25	781	5424	4234506
Proses pemotongan	0,25	487	2712	1321601
Proses <i>finishing</i>	0,25	225	90396	20361699

Aktivitas	Allowance	Wb	jumlah aktivitas	Beban Kerja (detik/periode)
Proses QC & Pengemasan	0,25	85	90396	7724903

4.2.2.9 Perhitungan *Workload Analysis*

Pada tahap ini dilakukan perhitungan *Workload Analysis* untuk menentukan jumlah pegawai optimal berdasarkan total beban kerja yang telah diperoleh sebelumnya dan waktu kerja efektif yang didapatkan dengan durasi hari kerja per-aktivitas pada perhitungan PERT dikali dengan jam kerja per-hari dalam detik yaitu 28800 detik atau 8 jam per-hari. Jumlah pegawai dihitung dengan membagi total beban kerja terhadap waktu kerja efektif per pegawai dalam satu Periode. Hasil perhitungan ini menunjukkan kebutuhan tenaga kerja ideal per aktivitas agar seluruh pekerjaan dapat diselesaikan secara efisien sesuai kapasitas dan waktu kerja yang tersedia. Berikut merupakan perhitungan WLA dengan durasi hari sebelum ditemukan durasi optimal yaitu 128 hari menggunakan rumus 2.1.

1. Pembuatan Materi cetak

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = \frac{\text{Total Beban Kerja}}{\text{Waktu Kerja Efektif per Pegawai}}$$

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = \frac{1094303}{20 \times 28800}$$

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = 1,916 \approx 2 \text{ orang}$$

2. Pengecekan desain & isi

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = \frac{524745}{14 \times 28800}$$

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = 1,317 \approx 1 \text{ orang}$$

3. Proses pencetakan

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = \frac{4234506}{50 \times 28800}$$

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = 2,950 \approx 3 \text{ orang}$$

4. Proses pemotongan

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = \frac{1321601}{50 \times 28800}$$

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = 0,927 \approx 1 \text{ orang}$$

5. Proses *finishing*

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = \frac{20361699}{50 \times 28800}$$

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = 14,1401 \approx 14 \text{ orang}$$

6. Proses QC & Pengemasan

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = \frac{7724903}{14 \times 28800}$$

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = 19,1590 \approx 19 \text{ orang}$$

Tabel 4. 21 Jumlah Pegawai Optimal Durasi 128 Hari

Aktivitas	Jumlah Pegawai Optimal (durasi 128 hari kerja)
Pembuatan materi cetak	2
Pengecekan desain & isi	1
Proses pencetakan	3
Proses pemotongan	1
Proses <i>finishing</i>	14
Proses QC & Pengemasan	19

4.3 Perhitungan Sensitivitas

Perhitungan sensitivitas pada bagian ini dilakukan dengan mengintegrasikan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dan *Workload Analysis* (WLA). Analisis sensitivitas ini digunakan untuk melihat perubahan biaya produksi dan probabilitas keberhasilan ketika durasi proyek diubah dengan kombinasi jumlah tenaga kerja yang diperoleh dari perhitungan WLA. Melalui pengaturan variasi durasi harapan produksi dalam rentang 131 hingga 149 hari sebagai batas waktu penyelesaian, diperoleh nilai-nilai biaya yang memungkinkan untuk dikurangi sehingga dapat ditentukan skenario durasi dan jumlah pekerja yang paling optimal.

Berikut merupakan hasil dari perhitungan probabilitas durasi 131 – 149 dalam menentukan jumlah pegawai optimal dan biaya pekerja dengan mengetahui biaya pekerja Rp80.000 per hari dan ketentuan perusahaan dimana kebutuhan jumlah operator pada proses *finishing* serta QC & Pengemasan harus seimbang atau dengan selisih paling kecil.

Tabel 4. 22 Iterasi Durasi 131 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp 8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp 1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp 3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp 1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp 12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp 4.000.000
Proses Finishing	50	14	Rp 56.000.000
Proses QC & Pengemasan	17	16	Rp 21.760.000
Pengiriman	30	3	Rp 7.200.000
Total	131	32	Rp 114.400.000
Presentase Keberhasilan	50%		

Tabel 4. 23 Iterasi Durasi 132 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp 8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp 1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp 3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp 1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp 12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp 4.000.000
Proses Finishing	50	14	Rp 56.000.000
Proses QC & Pengemasan	18	15	Rp 21.600.000
Pengiriman	30	3	Rp 7.200.000
Total	132	31	Rp 114.240.000
Presentase Keberhasilan	60,76%		

Tabel 4. 24 Iterasi Durasi 133 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya	
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp	8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp	1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp	3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp	1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp	12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp	4.000.000
Proses Finishing	50	14	Rp	56.000.000
Proses QC & Pengemasan	19	14	Rp	21.280.000
Pengiriman	30	3	Rp	7.200.000
Total	133	30	Rp	113.920.000
Presentase Keberhasilan	70,75%			

Tabel 4. 25 Iterasi Durasi 134 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya	
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp	8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp	1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp	3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp	1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp	12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp	4.000.000
Proses Finishing	51	14	Rp	57.120.000
Proses QC & Pengemasan	19	14	Rp	21.280.000
Pengiriman	30	3	Rp	7.200.000
Total	134	30	Rp	115.040.000
Presentase Keberhasilan	79,37%			

Tabel 4. 26 Iterasi Durasi 135 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya	
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp	8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp	1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp	3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp	1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp	12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp	4.000.000
Proses Finishing	52	14	Rp	58.240.000
Proses QC & Pengemasan	19	14	Rp	21.280.000
Pengiriman	30	3	Rp	7.200.000
Total	135	30	Rp	116.160.000
Presentase Keberhasilan	86,27%			

Tabel 4. 27 Iterasi Durasi 136 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya	
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp	8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp	1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp	3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp	1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp	12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp	4.000.000
Proses Finishing	52	14	Rp	58.240.000
Proses QC & Pengemasan	20	13	Rp	20.800.000
Pengiriman	30	3	Rp	7.200.000
Total	136	30	Rp	115.680.000
Presentase Keberhasilan	91,39%			

Tabel 4. 28 Iterasi Durasi 137 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya	
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp	8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp	1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp	3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp	1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp	12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp	4.000.000
Proses Finishing	53	13	Rp	55.120.000
Proses QC & Pengemasan	20	13	Rp	20.800.000
Pengiriman	30	3	Rp	7.200.000
Total	137	29	Rp	112.560.000
Presentase Keberhasilan	94,93%			

Tabel 4. 29 Iterasi Durasi 138 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya	
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp	8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp	1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp	3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp	1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp	12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp	4.000.000
Proses Finishing	53	13	Rp	55.120.000
Proses QC & Pengemasan	21	13	Rp	21.840.000
Pengiriman	30	3	Rp	7.200.000
Total	138	29	Rp	113.600.000
Presentase Keberhasilan	97,20%			

Tabel 4. 30 Iterasi Durasi 139 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya	
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp	8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp	1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp	3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp	1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp	12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp	4.000.000
Proses Finishing	55	13	Rp	57.200.000
Proses QC & Pengemasan	20	13	Rp	20.800.000
Pengiriman	30	3	Rp	7.200.000
Total	139	29	Rp	114.640.000
Presentase Keberhasilan	98,55%			

Tabel 4. 31 Iterasi Durasi 140 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya	
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp	8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp	1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp	3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp	1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp	12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp	4.000.000
Proses Finishing	55	13	Rp	57.200.000
Proses QC & Pengemasan	21	13	Rp	21.840.000
Pengiriman	30	3	Rp	7.200.000
Total	140	29	Rp	115.680.000
Presentase Keberhasilan	99,30%			

Tabel 4. 32 Iterasi Durasi 141 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp 8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp 1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp 3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp 1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp 12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp 4.000.000
Proses Finishing	56	13	Rp 58.240.000
Proses QC & Pengemasan	21	13	Rp 21.840.000
Pengiriman	30	3	Rp 7.200.000
Total	141	29	Rp 116.720.000
Presentase Keberhasilan	99,68%		

Tabel 4. 33 Iterasi Durasi 142 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp 8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp 1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp 3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp 1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp 12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp 4.000.000
Proses Finishing	56	13	Rp 58.240.000
Proses QC & Pengemasan	22	12	Rp 21.120.000
Pengiriman	30	3	Rp 7.200.000
Total	142	29	Rp 116.000.000
Presentase Keberhasilan	99,87%		

Tabel 4. 34 Iterasi Durasi 143 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp 8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp 1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp 3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp 1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp 12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp 4.000.000
Proses Finishing	57	12	Rp 54.720.000
Proses QC & Pengemasan	22	12	Rp 21.120.000
Pengiriman	30	3	Rp 7.200.000
Total	143	28	Rp 112.480.000
Presentase Keberhasilan	99,95%		

Tabel 4. 35 Iterasi Durasi 144 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp 8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp 1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp 3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp 1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp 12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp 4.000.000
Proses Finishing	57	12	Rp 54.720.000
Proses QC & Pengemasan	23	12	Rp 22.080.000
Pengiriman	30	3	Rp 7.200.000
Total	144	28	Rp 113.440.000
Presentase Keberhasilan	99,98%		

Tabel 4. 36 Iterasi Durasi 145 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya	
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp	8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp	1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp	3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp	1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp	12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp	4.000.000
Proses Finishing	59	12	Rp	56.640.000
Proses QC & Pengemasan	22	12	Rp	21.120.000
Pengiriman	30	3	Rp	7.200.000
Total	145	28	Rp	114.400.000
Presentase Keberhasilan	99,99%			

Tabel 4. 37 Iterasi Durasi 146 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya	
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp	8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp	1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp	3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp	1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp	12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp	4.000.000
Proses Finishing	59	12	Rp	56.640.000
Proses QC & Pengemasan	23	12	Rp	22.080.000
Pengiriman	30	3	Rp	7.200.000
Total	146	28	Rp	115.360.000
Presentase Keberhasilan	99,99%			

Tabel 4. 38 Iterasi Durasi 147 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya	
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp	8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp	1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp	3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp	1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp	12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp	4.000.000
Proses Finishing	58	12	Rp	55.680.000
Proses QC & Pengemasan	25	11	Rp	22.000.000
Pengiriman	30	3	Rp	7.200.000
Total	147	27	Rp	114.320.000
Presentase Keberhasilan	99,99%			

Tabel 4. 39 Iterasi Durasi 148 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya	
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp	8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp	1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp	3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp	1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp	12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp	4.000.000
Proses Finishing	61	12	Rp	58.560.000
Proses QC & Pengemasan	23	12	Rp	22.080.000
Pengiriman	30	3	Rp	7.200.000
Total	148	28	Rp	117.280.000
Presentase Keberhasilan	99,99%			

Tabel 4. 40 Iterasi Durasi 149 Hari

Aktivitas	Hari	Jumlah Pegawai Optimal	Biaya
Pengadaan Bahan Baku	20	5	Rp 8.000.000
Pengecekan Mesin	7	2	Rp 1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	20	2	Rp 3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	14	1	Rp 1.120.000
Proses Pencetakan	50	3	Rp 12.000.000
Proses Pemotongan	50	1	Rp 4.000.000
Proses Finishing	61	12	Rp 54.720.000
Proses QC & Pengemasan	24	12	Rp 22.080.000
Pengiriman	30	3	Rp 7.200.000
Total	149	28	Rp 116.320.000
Presentase Keberhasilan	100%		

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Pembahasan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Soto et al., 2023) dan (Iheonu & Achom, 2023) dimana menghitung durasi optimal dalam sebuah proses produksi. Proses produksi buku di CV. Asia Warna berlangsung secara berurutan dari tahap pengadaan bahan baku hingga pengiriman. Alur kerja diawali dengan pengadaan bahan baku dan pengecekan mesin. Dibarengi dengan , bagian pra-produksi seperti pembuatan materi cetak dan disusul pengecekan desain. Selanjutnya hasil desain masuk ke tahap produksi utama yang terdiri dari proses pencetakan, pemotongan, *finishing*, dan diakhiri dengan pengecekan kualitas QC & Pengemasan sebelum dikirim ke pelanggan. Seluruh aktivitas tersebut sebelumnya memiliki total durasi rata-rata 128 hari kerja berdasarkan durasi rencana awal perusahaan, yang disusun berdasarkan pengalaman produksi tahun sebelumnya tanpa mempertimbangkan variasi waktu optimis atau pesimis.

Dengan penerapan metode PERT, setiap aktivitas dianalisis dari tiga sudut pandang berbeda yaitu manajer produksi (q), staf senior (x), dan staf baru (z). Ketiganya memberikan estimasi waktu optimis (a), paling mungkin (m), dan pesimis (b) untuk tiap aktivitas mulai dari pembuatan materi cetak, pengecekan desain & isi, pencetakan, pemotongan, *finishing*, hingga QC & Pengemasan dan pengiriman. Nilai-nilai ini digunakan untuk menghitung waktu harapan (te) dengan rumus $(a + 4m + b)/6$. Kemudian menghitung dengan bantuan *Network diagram Activity on Arrow* (AOA) untuk menemukan jalur kritis yang dapat dilihat dari nilai *slack*. Dari hasil perhitungan, total durasi proyek menjadi 131 hari kerja, sedikit lebih panjang dibanding rata-rata awal 128 hari, karena memasukkan variabilitas proses nyata di lapangan. Jalur kritis terbentuk pada rangkaian aktivitas pembuatan materi cetak, pengecekan desain, pencetakan, *finishing*, QC & Pengemasan, dan pengiriman, yang berarti setiap keterlambatan di salah satu tahap tersebut langsung berdampak pada keseluruhan waktu produksi.

Tabel 5. 1 Presentase Durasi Awal dan Waktu Harapan

Durasi (hari)	Z-score	Presentase Keberhasilan (%)
128	-0,82	20,61
131	0	50

Berdasarkan tabel 5.1 dengan menggunakan rumus Z maka durasi awal 128 hari memiliki presentase keberhasilan hanya sebesar 20,61%, yang menandakan probabilitas keberhasilan proses memiliki peluang terjadinya keterlambatan dengan kapasitas yang belum diperhitungkan sangat besar. Sedangkan hasil durasi dengan menggunakan waktu harapan yaitu 131 hari menunjukkan kenaikan presentase keberhasilan sebesar 50%, semakin durasi hari bertambah maka presentse keberhasilan akan semakin naik.

Penelitian oleh (Soto et al., 2023) dan (Iheonu & Achom, 2023) menemukan durasi optimal dalam proses produksi dengan mengurangi durasi produksi dari jumlah durasi produksi awal dengan metode PERT, sedangkan penelitian ini mendapatkan durasi dengan presentase keberhasilan yang lebih tinggi dengan menambah durasi awal. Hal tersebut dapat berbeda dikarenakan nilai waktu harapan yang cenderung bertambah dan nilai variansi yang lebih banyak dari penelitian-penelitian tersebut. Dengan penggunaan durasi 131 hari sebagai patokan dalam menentukan durasi yang lebih optimal dengan membandingkan beban kerja sehingga dapat menentukan jumlah pekerja yang lebih optimal dilihat dari biaya yang akan dikeluarkan..

5.2 Pembahasan *Workload Analysis* (WLA)

CV. Asia Warna menghadapi lonjakan permintaan produksi yang signifikan pada periode pertama tahun 2026, sementara kapasitas tenaga kerja relatif tetap. Karyawan produksi berjumlah 22 orang yang terbagi ke dalam enam aktivitas produksi, dua operator untuk pembuatan materi cetak, dua untuk pengecekan desain, tiga untuk pencetakan, satu untuk pemotongan, delapan untuk *finishing*, dan tujuh untuk QC & Pengemasan. Seluruh proses dilakukan menggunakan mesin otomatis berkapasitas tinggi, sehingga beberapa pekerjaan seperti pencetakan dan pemotongan sangat tergantung pada kapasitas mesin, sedangkan pembuatan materi, pengecekan desain, *finishing* dan QC & Pengemasan masih dikerjakan manual. Kondisi ini menyebabkan ketidakseimbangan beban kerja.

Analisis WLA dilakukan melalui tahapan pengukuran waktu siklus, perhitungan *rating factor* berdasarkan *Westinghouse*, *Allowance* berdasarkan ILO, serta konversi waktu pengamatan menjadi waktu normal dan waktu baku. Faktor rating menggambarkan tingkat kecepatan dan ketelitian operator, sedangkan *Allowance* menambah waktu kelonggaran untuk kelelahan, kebutuhan pribadi, dan kondisi kerja aktual. Pada penelitian ini *Allowance* total mencapai 25% karena aktivitas banyak bersifat manual, temperatur area kerja tinggi, dan posisi kerja berdiri. Hasil pengolahan menghasilkan beban kerja total yang cukup besar karena tingginya frekuensi aktivitas proses *finishing* dan QC & Pengemasan masing-masing memiliki

ribuan siklus per periode, jauh di atas aktivitas lain. Dengan menggunakan rumus beban kerja total berikut merupakan beban kerja per aktivitas yang akan menjadi penentu penambahan durasi pada aktivitas mana yang belum seimbang dan perlu ditambahkan durasinya yang akan mengubah nilai jumlah pekerja pada aktivitas tersebut.

Tabel 5. 2 Beban Kerja Per-aktivitas

Aktivitas	Beban Kerja (detik/periode)
Pembuatan materi cetak	1094303
Pengecekan desain & isi	524745
Proses pencetakan	4234506
Proses pemotongan	1321601
Proses <i>finishing</i>	20361699
Proses QC & Pengemasan	7724903

Setelah menentukan beban kerja setiap aktivitas kemudian menghitung jumlah pegawai optimal dengan membagi beban kerja dengan waktu kerja efektif yang dari durasi awal untuk melihat dimana aktivitas yang memiliki ketidakseimbangan beban kerja sehingga perlu dihitung ulang dengan durasi yang lebih efektif untuk dalam menentukan jumlah pegawai yang optimal. Berikut merupakan perbandingannya.

Tabel 5. 3 Jumlah Pegawai Optimal dengan Durasi 128 hari kerja

Aktivitas	Jumlah Pegawai Awal	Jumlah Pegawai Optimal (durasi 128 hari kerja)
Pembuatan materi cetak	2	2
Pengecekan desain & isi	1	1
Proses pencetakan	3	3
Proses pemotongan	1	1
Proses <i>finishing</i>	16	14
Proses QC & Pengemasan	16	19

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa empat aktivitas awal, yaitu pembuatan materi cetak, pengecekan desain & isi, proses pencetakan, dan proses pemotongan, memiliki jumlah

pegawai optimal yang sama dengan jumlah aktual. Hal ini terjadi karena karakteristik keempat aktivitas tersebut sangat bergantung pada keterampilan khusus dan kapasitas mesin yang digunakan. Pada Aktivitas pembuatan materi cetak dan pengecekan desain & isi merupakan pekerjaan yang berbasis komputer dan lebih menekankan pada kemampuan operator dalam mengedit serta menyesuaikan bahan materi cetak yang sebagian besar telah disediakan oleh pelanggan. Proses ini tidak membutuhkan banyak tenaga manusia, melainkan menuntut ketelitian dan keahlian dalam penggunaan perangkat lunak desain.

Sementara itu, aktivitas pencetakan dan pemotongan dilakukan dengan bantuan mesin berkapasitas tinggi, di mana produktivitas kerja sangat dipengaruhi oleh performa mesin, bukan jumlah operator. Karena mesin sudah beroperasi pada kapasitas optimal, penambahan tenaga kerja tidak memberikan peningkatan signifikan terhadap output, sehingga jumlah pegawai tetap sama seperti kondisi awal. Sedangkan, pada kegiatan *finishing* dan *quality control* QC & Pengemasan, memiliki perbedaan nilai jumlah pegawai optimal dengan jumlah rencana awal. Pada proses *finishing* mengalami kelebihan pegawai dari jumlah optimal, dari rencana awal 16 pekerja setelah disesuaikan dengan beban kerja menjadi 14. Sedangkan proses QC & Pengemasan sebaliknya mengalami kelebihan beban kerja, dimana rencana awal ada 16 pekerja dan jumlah optimal yang sudah disesuaikan dengan beban kerja yaitu 19 pekerja. Alasan adanya perbedaan pada kedua pekerjaan tersebut dikarenakan memang kedua pekerjaan tersebut masih dilakukan secara manual seperti penjilidan, pemasangan cover, serta pemeriksaan hasil cetak satu per satu. Sehingga aktivitas tersebut memiliki kecenderungan mengalami banyak perubahan jumlah sesuai dengan kebutuhan.

Adapun pada kasus CV. Asia Warna, terdapat kebijakan internal yang menetapkan bahwa jumlah pekerja pada bagian *finishing* dan QC & Pengemasan harus sama. Kebijakan ini diterapkan karena proses QC & Pengemasan dilakukan setelah tahap *finishing* selesai, sehingga pekerja yang sebelumnya bertugas di bagian *finishing* akan melanjutkan pekerjaannya pada proses QC & Pengemasan. Ketentuan tersebut merupakan bentuk integritas perusahaan untuk menjaga keseimbangan tenaga kerja selama satu siklus produksi serta memastikan seluruh karyawan memiliki kesetaraan dalam jumlah hari kerja hingga seluruh proses produksi selesai.

5.3 Analisis Integrasi PERT & WLA

Integrasi antara metode *Workload Analysis* (WLA) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dalam penelitian ini berfokus pada hubungan dua elemen utama, yaitu durasi kerja dan jumlah pegawai. Kedua variabel ini saling berkaitan erat, di mana jumlah pegawai

yang dibutuhkan sangat bergantung pada besarnya beban kerja dan lamanya waktu penyelesaian proyek. Tujuan dari integrasi ini adalah untuk menemukan nilai optimal antara keduanya, sehingga durasi kerja dapat berjalan efisien tanpa menyebabkan kelebihan beban (*overload*) pada tenaga kerja yang tersedia.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dari analisis PERT diperoleh durasi waktu harapan sebesar 131 hari kerja dengan tingkat probabilitas keberhasilan 50%, yang berarti semakain bertambah durasi maka presentase keberhasilan akan lebih tinggi. Sementara itu, hasil WLA menunjukkan adanya ketidakseimbangan beban kerja pada dua aktivitas utama, yaitu proses *finishing* dan QC & Pengemasan. Berdasarkan hasil pengukuran beban kerja, aktivitas *finishing* memerlukan 14 orang pekerja, sedangkan QC & Pengemasan membutuhkan 19 orang pekerja, jauh lebih tinggi dibandingkan kondisi awal perusahaan.

Dengan mempertimbangkan durasi waktu harapan 131 hari, terdapat penambahan waktu 3 hari kerja dibandingkan durasi rata-rata sebelumnya 128 hari. Tambahan waktu tersebut dialokasikan untuk menyeimbangkan aktivitas yang mengalami kelebihan beban, yakni 3 hari tambahan untuk QC & Pengemasan, kemudian pada *finishing* tidak ditambah karena jumlah aktual lebih kecil dari jumlah rencana awal. Dengan demikian, total durasi aktivitas *finishing* tetap 50 hari, sedangkan aktivitas QC & Pengemasan menjadi 17 hari. Penyesuaian durasi ini kemudian digunakan kembali dalam perhitungan WLA untuk menentukan jumlah tenaga kerja optimal baru pada kedua aktivitas tersebut, berikut merupakan perhitungannya.

1. Proses *finishing*

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = \frac{\text{Total Beban Kerja}}{\text{Waktu Kerja Efektif per Pegawai}}$$

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = \frac{20361699}{50 \times 28800}$$

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = 14,14 \approx 14 \text{ orang}$$

2. Proses QC & Pengemasan

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = \frac{7724903}{17 \times 28800}$$

$$\text{Jumlah Pegawai Optimal} = 15,78 \approx 16 \text{ orang}$$

Sehingga didapatkan dari perhitungan diatas jumlah pegawai optimal berdasarkan durasi waktu harapan 131 untuk Proses *finishing* sebanyak 14 orang dan proses QC & Pengemasan sebanyak 16 orang. Jumlah tersebut masih belum dapat digunakan, dikarenakan jumlah

pegawai *finishing* dan QC Pengemasan masih belum seimbang, dimana perusahaan memiliki kebijakan untuk menyeimbangkan jumlah pegawai *finishing* dengan QC & pengemasan karena kedua aktivitas tersebut memiliki hubungan berurutan sehingga pekerja yang melakukan aktivitas finishing setelah selesai keseluruhan proses, maka selanjutnya akan melakukan QC & pengemasan. Dengan begitu keseimbangan jumlah dari kedua aktivitas tersebut dibutuhkan untuk mengurangi *turn off* atau perekrutan pegawai ditengah proses produksi. Maka dari itu diperlukan durasi lain selain durasi 131 hari. Maka dari itu dilakukan analisis sensitivitas untuk menemukan durasi dengan presentase tinggi dan biaya pekerja yang lebih rendah sehingga lebih optimal.

5.4 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengevaluasi berbagai alternatif durasi produksi dan kebutuhan tenaga kerja yang mungkin diterapkan oleh CV. Asia Warna setelah diperoleh durasi efektif awal dari perhitungan PERT serta beban kerja aktual melalui WLA. Melalui analisis ini, setiap opsi durasi diuji berdasarkan peluang keberhasilannya dan konsekuensi terhadap kebutuhan tenaga kerja, sehingga dapat diketahui kombinasi yang memberikan hasil paling optimal. Pendekatan ini membantu perusahaan mengidentifikasi durasi yang tidak hanya memiliki probabilitas keberhasilan tinggi, tetapi juga menghasilkan kebutuhan tenaga kerja dan beban biaya yang lebih rendah, sehingga keputusan akhir yang dipilih benar-benar optimal bagi proses produksi musiman perusahaan berdasarkan biaya. Analisis dilakukan dari *range* durasi waktu harapan sampai batas durasi proses produksi yaitu 131 – 149 hari.

Tabel 5. 4 Analisis Sensitivitas 131-149 hari

Durasi	Total Pekerja	Biaya Pekerja	Presentase	
			Keberhasilan (%)	
131	32	Rp 114.400.000,00	50,00	
132	31	Rp 114.240.000,00	60,76	
133	30	Rp 113.920.000,00	70,75	
134	30	Rp 115.040.000,00	79,37	
135	30	Rp 116.160.000,00	86,27	
136	30	Rp 115.680.000,00	91,39	
137	29	Rp 112.560.000,00	94,93	
138	29	Rp 113.600.000,00	97,20	

Durasi	Total Pekerja	Biaya Pekerja	Presentase	
			Keberhasilan	(%)
139	29	Rp 114.640.000,00		98,55
140	29	Rp 115.680.000,00		99,30
141	29	Rp 116.720.000,00		99,68
142	29	Rp 116.000.000,00		99,87
143	28	Rp 112.480.000,00		99,95
144	28	Rp 113.440.000,00		99,98
145	28	Rp 114.400.000,00		99,99
146	28	Rp 115.360.000,00		100,00
147	27	Rp 114.320.000,00		100,00
148	28	Rp 117.280.000,00		100,00
149	27	Rp 116.320.000,00		100,00

Dari tabel 5.4 didapatkan analisis sensitivitas yang digunakan untuk menilai bagaimana perubahan durasi produksi mempengaruhi peluang keberhasilan, kebutuhan tenaga kerja, dan beban biaya perusahaan. Dari hasil perhitungan, terlihat bahwa penambahan durasi produksi memberikan peningkatan yang cukup signifikan terhadap peluang keberhasilan, terutama pada rentang durasi pendek hingga menengah. Pada durasi 131–137 hari, kenaikan peluang keberhasilan berlangsung cukup tajam, rata-rata meningkat sekitar 5% hingga 10% untuk setiap penambahan satu hari. Setelah melewati durasi sekitar 140 hari, peningkatan peluang keberhasilan cenderung melambat dan bergerak mendekati kondisi stabil, menunjukkan bahwa proses produksi sudah memperoleh ruang waktu yang cukup untuk mengurangi antrean pada aktivitas kritis seperti finishing dan QC pengemasan. Pola ini mengindikasikan bahwa durasi yang terlalu pendek berisiko menimbulkan ketidaksesuaian beban kerja, sementara durasi yang terlalu panjang tidak lagi memberikan keuntungan tambahan yang berarti terhadap tingkat keberhasilan.

Dari sisi tenaga kerja dan biaya, hasil analisis memperlihatkan bahwa durasi yang lebih panjang memang menurunkan kebutuhan tenaga kerja karena beban kerja harian menjadi lebih ringan, namun hal tersebut tidak otomatis berbanding lurus dengan penurunan biaya. Pada durasi pendek, biaya tinggi karena jumlah tenaga kerja yang lebih besar diperlukan untuk

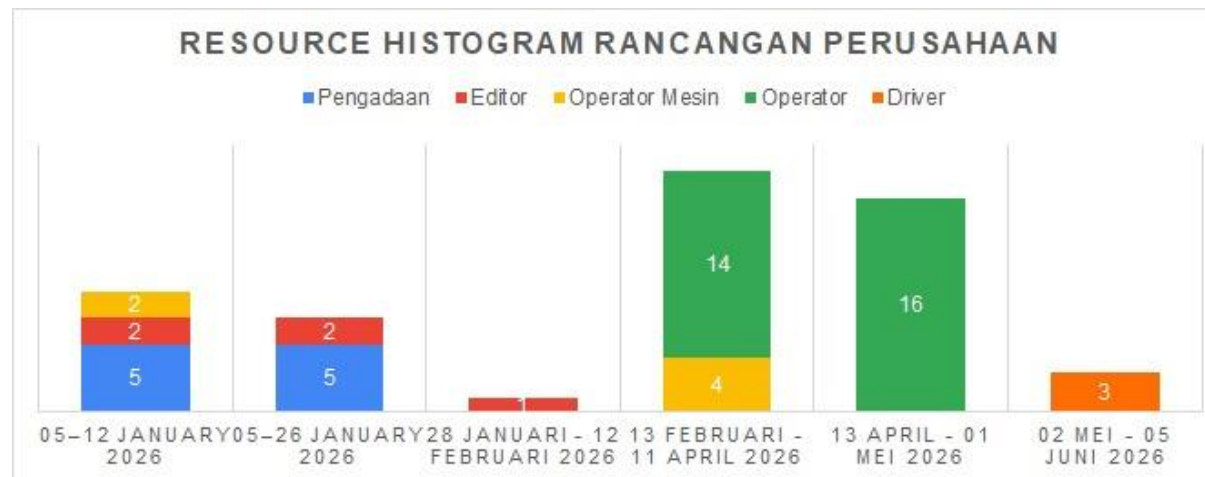
mengejar ketertinggalan waktu. Sementara itu, pada durasi yang terlalu panjang, biaya kembali meningkat akibat bertambahnya jumlah hari kerja yang harus dibayarkan, meskipun jumlah tenaga kerja lebih sedikit. Berdasarkan keseluruhan alternatif yang diuji, durasi 143 hari muncul sebagai pilihan paling optimal karena menghasilkan total biaya terendah yaitu Rp 112.480.000 serta kebutuhan tenaga kerja yang proporsional, dengan peluang keberhasilan yang berada pada tingkat yang sangat tinggi yaitu 99,95%. Kombinasi ini menunjukkan bahwa durasi 143 hari memberikan keseimbangan terbaik antara efektivitas waktu, efisiensi tenaga kerja, dan pengendalian biaya, sehingga layak dijadikan rekomendasi utama bagi perencanaan produksi CV. Asia Warna.

5.5 Perbandingan *Gantt chart* dan *Resource histogram* Awal dan Sesudah

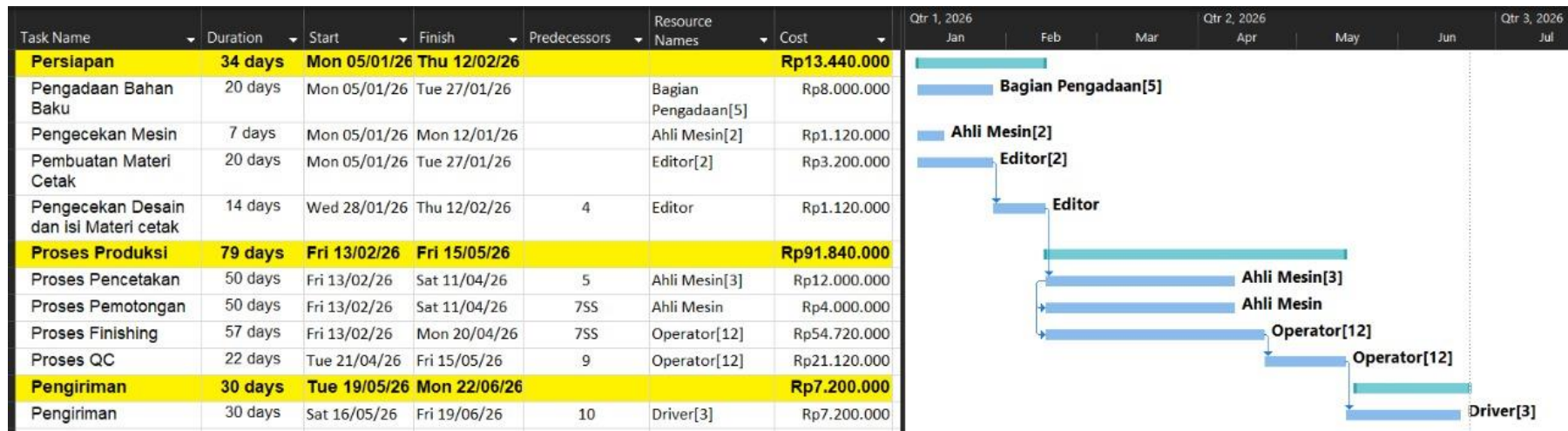
Dalam membandingkan penulis menggunakan bantuan *Gantt chart* dan *Resource histogram* sebagai alat bantu visual yang dibuat menggunakan microsoft project dan microsoft excel. Berikut merupakan *Gantt chart* dan *Resource histogram* 131 hari sebelum penerapan metode integrasi PERT dan WLA dengan sesudah.



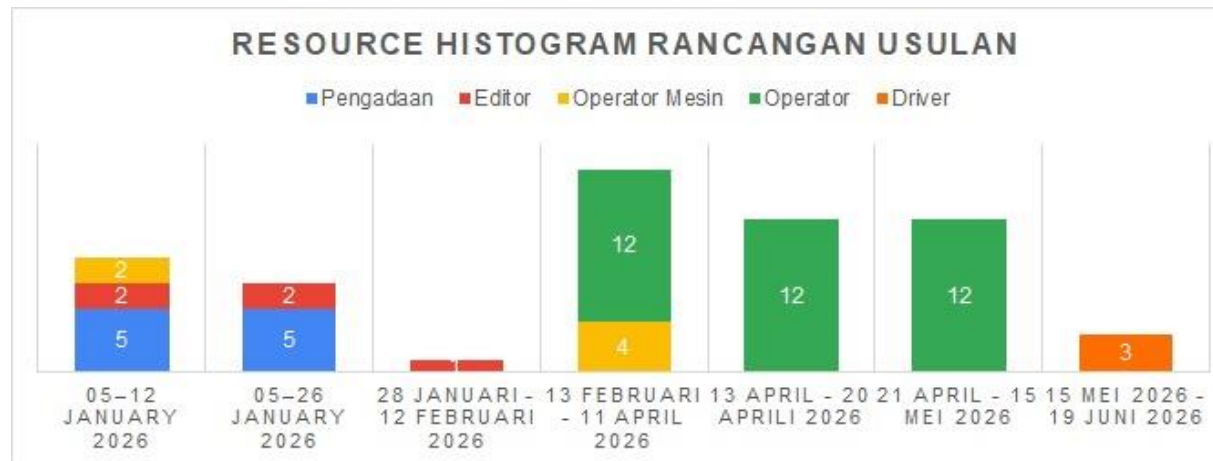
Gambar 5. 1 Gantt chart Jadwal Awal (131 hari)



Gambar 5. 2 Resource histogram Jadwal Awal (131 hari)



Gambar 5. 3 Gantt chart Usulan (143 hari)



Gambar 5. 4 Resource histogram Usulan (143 hari)

Tabel 5. 5 Perbandingan 131 hari dengan Usulan

Pekerjaan	131 hari (PERT)			143 hari (PERT-WLA)		
	Jumlah Pekerja	Jumlah Hari kerja	Biaya (Rp)	Jumlah Pekerja	Jumlah Hari kerja	Biaya (Rp)
Pengadaan Bahan Baku	5	20	Rp 8.000.000	5	20	Rp8.000.000
Pengecekan Mesin	2	7	Rp 1.120.000	2	7	Rp1.120.000
Pembuatan Materi Cetak	2	20	Rp 3.200.000	2	20	Rp3.200.000
Pengecekan Desain dan isi Materi cetak	1	14	Rp 1.120.000	1	14	Rp1.120.000
Proses Pencetakan	3	50	Rp 12.000.000	3	50	Rp12.000.000
Proses Pemotongan	1	50	Rp 4.000.000	1	50	Rp4.000.000
Proses <i>Finishing</i>	14	50	Rp 56.000.000	12	57	Rp54.720.000
Proses QC & Pengemasan	16	17	Rp 21.760.000	12	22	Rp21.120.000
Pengiriman	3	30	Rp 7.200.000	3	30	Rp7.200.000
Total	32	131	Rp 114.400.000	28	143	Rp112.480.000
Presentase Keberhasilan	50%			99,95%		

Tabel 5.5 tersebut memperlihatkan ringkasan perbandingan *gantt chart* dan *resource histogram* sebelum dan sesudah penggunaan integrasi pert dan WLA. Kebutuhan tenaga kerja, jumlah hari kerja, serta total biaya untuk setiap aktivitas produksi pada dua alternatif durasi, yaitu durasi 131 hari sebagai hasil estimasi awal menggunakan PERT dan durasi 143 hari sebagai hasil perhitungan lanjutan melalui integrasi PERT dan *Workload Analysis*. Secara umum terlihat bahwa meskipun durasi 143 hari memiliki waktu produksi yang lebih panjang

daripada durasi 131 hari, total biaya yang dihasilkan justru lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh penyesuaian jumlah tenaga kerja berdasarkan beban kerja aktual, terutama pada aktivitas yang sebelumnya tergolong kritis, yaitu proses *finishing* dan QC pengemasan.

Pada durasi 131 hari, proses finishing membutuhkan 14 pekerja dengan total biaya sebesar Rp56.000.000, dan QC & pengemasan membutuhkan 16 pekerja dengan biaya Rp21.760.000. Jumlah ini menggambarkan bahwa kedua aktivitas tersebut menanggung beban kerja harian yang cukup berat karena keterbatasan waktu penyelesaian. Namun, setelah dilakukan perhitungan WLA dan diberikan durasi produksi yang lebih longgar menjadi 143 hari, kebutuhan tenaga kerja pada kedua aktivitas tersebut dapat dikurangi menjadi masing-masing 12 pekerja. Penurunan jumlah tenaga kerja ini berdampak pada penurunan total biaya, meskipun lama hari kerja meningkat. Pada aktivitas *finishing*, misalnya, biayanya turun dari Rp56.000.000 menjadi Rp54.720.000, sementara biaya QC & pengemasan turun dari Rp21.760.000 menjadi Rp21.120.000. Penurunan ini terjadi karena beban kerja harian menjadi lebih seimbang dan tidak lagi membutuhkan tenaga kerja tambahan untuk mengatasi antrean proses.

Selain pada perbandingan biaya, terdapat perbandingan presentase keberhasilan, dimana presentase keberhasilan durasi 131 hanya mendapatkan 50% keberhasilan. Hal tersebut mengartikan bahwa probabilitas proses produksi apabila menggunakan durasi waktu harapan dapat mengalami keterlambatan sebesar 50%. Sedangkan dengan durasi 143 menghasilkan presentase keberhasilan sebesar 99,95%, yang artinya dengan presentase tersebut proses produksi dapat berjalan tanpa keterlambatan secara tingkat probabilitas.

Jika dibandingkan dengan pendekatan perencanaan waktu berbasis PERT tanpa mempertimbangkan beban kerja, integrasi PERT dan Workload Analysis (WLA) terbukti memberikan efisiensi biaya yang signifikan. Durasi produksi 131 hari dengan metode PERT menghasilkan total biaya sebesar Rp114.400.000, sedangkan penetapan durasi 143 hari melalui integrasi PERT dan WLA menurunkan biaya menjadi Rp112.480.000. Artinya, terdapat penghematan Rp1.920.000 atau 1,68% dari total biaya awal meskipun durasi produksi ditambah 12 hari. Temuan ini menunjukkan bahwa optimalisasi tidak hanya bergantung pada percepatan waktu produksi, tetapi juga pada distribusi beban kerja dan jumlah tenaga kerja yang proporsional. Melalui integrasi analitis antara PERT dan WLA, alokasi sumber daya menjadi lebih seimbang sehingga biaya operasional dapat ditekan tanpa menurunkan peluang keberhasilan produksi yang tetap berada pada tingkat sangat tinggi.

BAB VI

PENUTUP

5.6 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini yang akan menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), diperoleh bahwa durasi produksi rencana awal perusahaan selama 128 hari memiliki peluang keberhasilan yang rendah, yaitu hanya 20,61%. Setelah dilakukan perhitungan waktu harapan menggunakan estimasi optimis, paling mungkin, dan pesimis, durasi produksi yang lebih realistis dan dapat dijadikan dasar evaluasi adalah 131 hari, dengan tingkat keberhasilan sebesar 50%. Durasi ini menjadi titik awal dalam menentukan alternatif durasi yang lebih tepat melalui proses evaluasi lanjutan. Yang artinya durasi yang efektif berdasarkan metode PERT merupakan durasi dengan presentase diatas 50% atau lebih dari 131 hari.
2. Hasil perhitungan *Workload Analysis* WLA menunjukkan bahwa beban kerja tertinggi terdapat pada dua aktivitas kritis, yaitu proses *finishing* dan QC & Pengemasan. Kedua aktivitas tersebut memiliki akumulasi waktu kerja yang jauh lebih besar dibanding aktivitas lainnya, sehingga membutuhkan jumlah tenaga kerja yang lebih tinggi apabila menggunakan durasi awal 128 hari. Perhitungan WLA mengkonfirmasi bahwa proses *finishing* membutuhkan 14 pekerja, sementara QC & Pengemasan membutuhkan 19 pekerja. Ketidakseimbangan inilah yang kemudian menjadi dasar perlunya penyesuaian durasi untuk mencapai distribusi tenaga kerja yang lebih proporsional..
3. Melalui analisis sensitivitas yang mengintegrasikan hasil PERT dan WLA, diperoleh gambaran menyeluruh mengenai hubungan antara durasi produksi, kebutuhan tenaga kerja, biaya, dan peluang keberhasilan. Dari rentang durasi 131 hingga 149 hari yang dianalisis, durasi 143 hari terbukti menjadi pilihan paling optimal. Durasi ini menghasilkan biaya tenaga kerja terendah sebesar Rp112.480.000, kebutuhan tenaga kerja yang turun menjadi 28 orang, serta peluang keberhasilan yang sangat tinggi, yaitu 99,95%. Jika dibandingkan dengan pendekatan PERT saja pada durasi 131 hari, yang menghasilkan biaya sebesar Rp114.400.000 dan tingkat presentase keberhasilan hanya 50%, integrasi PERT dan WLA mampu memberikan penghematan biaya sebesar **Rp1.920.000** atau **1,68%**. Dengan

demikian, durasi 143 hari direkomendasikan sebagai durasi produksi yang paling optimal bagi CV. Asia Warna, karena memberikan keseimbangan terbaik antara waktu pelaksanaan, beban kerja, efisiensi biaya, dan tingkat keberhasilan proses produksi..

5.7 Saran

Berikut merupakan saran yang merupakan *improve* atau pendalaman lebih lanjut dari penelitian selanjutnya yang memiliki objek atau fokus yang sama.

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pendalaman dalam memahami proses integrasi antar metode, seperti PERT dan WLA, agar mampu menggali potensi hasil yang lebih luas. Integrasi tidak hanya sebatas menentukan waktu dan jumlah tenaga kerja optimal, tetapi juga dapat dikembangkan untuk memprediksi dampak perubahan jadwal terhadap produktivitas dan efisiensi biaya secara keseluruhan.
2. Disarankan untuk menambahkan metode lain dalam pengukuran beban kerja seperti *Work Force Analysis* (WFA), *Full Time Equivalent* (FTE), atau pendekatan berbasis waktu standar kerja (*Standard Time Approach*). Dengan membandingkan hasil antar metode, peneliti dapat memperoleh gambaran yang lebih akurat tentang tingkat utilisasi tenaga kerja dan efisiensi kapasitas di tiap aktivitas produksi.
3. Penelitian ke depan juga dapat mengintegrasikan metode optimasi seperti *Linear Programming* (LP) untuk menentukan proporsi terbaik antara waktu produksi dan jumlah tenaga kerja. Dengan pendekatan ini, perencanaan tidak hanya mempertimbangkan aspek teknis dan waktu, tetapi juga mampu menghasilkan solusi yang paling efisien secara matematis dan ekonomis dalam pengalokasian sumber daya produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, V. H., & Purnama, J. (2023). Penentuan Jumlah Tenaga Kerja Pada Proses Pembuatan Batu Bata Dengan Metode Work Load Analysis (Wla) Guna Memenuhi Permintaan. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 3(2), 2023–1542. <https://doi.org/10.46306/Tgc.V3i2>
- Afdy, N., Zakaria, M., & Syukriah, D. (2021a). *Pengukuran Beban Kerja Dengan Menggunakan Metode Workload Analysis Untuk Menentukan Jumlah Pekerja Optimal Pada Pt. Ika Bina Agro Wisesa*.
- Afdy, N., Zakaria, M., & Syukriah, D. (2021b). *Pengukuran Beban Kerja Dengan Menggunakan Metode Workload Analysis Untuk Menentukan Jumlah Pekerja Optimal Pada Pt. Ika Bina Agro Wisesa*.
- Agung, A., Dolok Saribu, F., & Puspitasari, N. B. (2024). *Penentuan Beban Kerja Optimal Pada Proses Pemasangan Baja Proyek Eka Hospital Menggunakan Metode Workload Analysis*.
- Arifah, C., Manumono, D., Astuti, A., Studi Agribisnis, P., & Pertanian, F. (2020). Sistem Manajemen Produksi Wedang Uwuh Cv Progress Jogja Production Management Of Wedang Uwuh In Cv Progress Jogja. In *Sistem Manajemen Produksi Wedang Uwuh (Arifah, Manumono, Astuti) Jurnal Ilmiah Agritas* (Vol. 4).
- Arifin, H. (2020). Penerapan Metode Analisis Beban Kerja Untuk Meningkatkan Produktivitas Di Bagian Case Assy Up Di Pt. Yamaha Indonesia. In *Yamaha Indonesia* (Vol. 83).
- Ariyani, E. D., Muhammad, A., Sya'diah, N. H., Sadikin, S., & Latipah, Y. (2024). Workload Analysis To Establish The Ideal Staffing Level Using The Workload Analysis (Wla) Method (Case Study Of Manufacturing Design Engineering Production Laboratory, In Indonesia). *International Journal Of Scientific And Management Research*, 07(11), 111–124. <https://doi.org/10.37502/Ijsmr.2024.71110>
- Arrumih, K., & Puji Astuti, Y. (2020). *Optimalisasi Masalah Penjadwalan Proyek Pembangunan Menggunakan Metode Pert Cpm*. 8.
- Aulia, S., & Cipta, H. (2023). Network Planning Analysis Using Cpm And Pert Methods On Optimization Of Time And Cost. *Sinkron*, 8(1), 171–177. <https://doi.org/10.33395/Sinkron.V8i1.11961>
- Azhari, A., Fajar, K., Tinggi, N.-S., Transportasi, T., Yogyakarta, K., Nieamah, K. F., Program, S., Manajemen, T., Udara, S. T., Teknologi, K., Yogyakarta, K., Bantul, P., Daerah, I., & Yogyakarta, I. (2024). *Analisis Beban Kerja Menggunakan Workload Analysis Pada Karyawan Distribution Center Pt Angkasa Pura Kargo Soekarno Hatta*.
- Azim Eirgash, M. (2020). Resource Allocation And Leveling In Construction Management Projects With Resource Histogram. *American Journal Of Engineering And Technology Management*, 5(6), 91. <https://doi.org/10.11648/J.Ajetm.20200506.11>
- Bagshaw, K. B. (2021). New Pert And Cpm In Project Management With Practical Examples. *American Journal Of Operations Research*, 11(04), 215–226. <https://doi.org/10.4236/Ajor.2021.114013>
- Bakhtiar, Syarifuddin, & Putri, M. P. (2021). *Pengukuran Beban Kerja Dengan Metode Full Time Equivalent Dan Penentuan Jumlah Tenaga Kerja Efektif Menggunakan Workload Analysis*.
- Bala, S., & Mahto, S. (2017). Resource-Allocation By Histogram And Time Scale Method With Pert And Cpm. *International Journal Of Mathematics Trends And Technology*, 44. <http://www.ijmtjournal.org>

- Candra Mukti, G., Sugiyono, A., & Fatmawati, W. (2022). Analisis Pengukuran Beban Kerja Dan Jumlah Tenaga Kerja Dengan Metode Work Load Analysis (Wla). *Jurnal Teknik Industri (Jurti)*, 1(1), 41–49.
- Chasanah, U., Kiswati, S., Banjarsari Barat No, J., & Semarang, T. (2021). *Penjadwalan Proyek Dengan Metode Activity On Arrow (Aoa) Pada Pembangunan Ecobrick Dlh Semarang*.
- Chow, T. C., Zailani, S., Rahman, M. K., Qiannan, Z., Bhuiyan, M. A., & Patwary, A. K. (2021). Impact Of Sustainable Project Management On Project Plan And Project Success Of The Manufacturing Firm: Structural Model Assessment. *Plos One*, 16(11 November). <https://doi.org/10.1371/Journal.Pone.0259819>
- Czerwińska-Lubszczyk, A., & Byrtek, N. (2024). Work-Life Balance In Sme Sector And Large Enterprises. *Management Systems In Production Engineering*, 32(1), 24–32. <https://doi.org/10.2478/MSpe-2024-0003>
- Delano Regent Montororing, Y., & Sitorus, H. (2024). *Workload Analysis To Increase Employee Performance Productivity Using The Work Load Analysis Method At Pt Kji*.
- Dewi, U., & Satrya, A. (2012). Analisis Kebutuhan Tenaga Kerja Berdasarkan Beban Kerja Karyawan Pada Pt Pln (Persero) Distribusi Jakarta Raya Dan Tangerang. *Skripsi : Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia*, 1–98.
- Erwin Saputro, & Handy Febri Satoto. (2025). Implementasi Dengan Metode Cpm-Pert Terhadap Penjadwalan Proses Produksi Conveyor Table Top Chain Pada Cv. Adikarya Teknik Sidoarjo. *Mars : Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 3(1), 156–164. <https://doi.org/10.61132/Mars.V3i1.644>
- Fahmi, N., Zein, R., Widhiarso, W., Gratiana, M., & Jatiningih, D. (2022a). Analisis Beban Kerja Menggunakan Metode Workload Analysis (Wla) Untuk Menentukan Kebutuhan Tenaga Kerja Optimal. *Jurnal Teknik Industri (Jurti)*, 1(2), 70–80.
- Fahmi, N., Zein, R., Widhiarso, W., Gratiana, M., & Jatiningih, D. (2022b). Analisis Beban Kerja Menggunakan Metode Workload Analysis (Wla) Untuk Menentukan Kebutuhan Tenaga Kerja Optimal. *Jurnal Teknik Industri (Jurti)*, 1(2), 70–80.
- Faiqotul Himmah, A. (2022). Analisis Kebutuhan Jumlah Operator Guna Memenuhi Target Produksi. In *Prosiding Senakama* (Vol. 1).
- Harahap, E., Hirji Badruzzaman, F., Yusuf Fajar, M., Rohaeni, O., & Gunawan, G. (2020). Cpm And Pert Technique Efficiency Model For Child Veil Production. *Article In International Journal Of Scientific & Technology Research*. www.ijstr.org
- Hasibuan, M. S. P. H. (2017). *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Bumi Aksara.
- Hati, S. W., & Septiani, N. (2025). Analysis Of Employee Workload Optimization On Manual Packing Operators In The Preparation Of Goods “All Type 20 Gr Gusset Bag” By Using The Workload Analysis Method In Pt Xyz. *Social Sciences Insights Journal*, 2(3), 160–181. <https://doi.org/10.60036/Wwrhry08>
- Hermanto, H., & Widiyarini, W. (2020). Analisis Beban Kerja Dengan Metode Workload Analysis (Wla) Dalam Menentukan Jumlah Tenaga Kerja Optimal Di Pt Indojt. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 19(2). <https://doi.org/10.20961/Performa.19.2.46467>
- Husna, R. A., Ilmiyah, N. F., & Resti, N. C. (2022). Implementasi Cpm Dan Pert Dalam Memprediksi Durasi Serta Biaya Pembangunan Musala Al-Ikhlas Di Kotawaringin Barat. *Journal Focus Action Of Research Mathematic (Factor M)*, 5(1), 97–109. https://doi.org/10.30762/F_M.V5i1.633
- Hutomo, I. S., & Rohman, M. A. (2021). *Penjadwalan Probabilistik Pada Proyek Jalur Lintas Selatan Lot*. 6.

- Ichsan, M., Isvara, W., & Karim, S. (2025). Monte Carlo Simulation For Enhancing The Schedule Completion Forecast Of Jakarta Central Railway Station Construction Project. *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/App15137464>
- Iheonu, N. O., & Achom, U. K. (2023). Project Planning Application To Juice Production Using Pert/Cpm Technique: A Case Study. *Asian Journal Of Probability And Statistics*, 24(2), 39–51. <https://doi.org/10.9734/Ajpas/2023/V24i2522>
- Kasus, S., Pembangunan, P., Smk, G. R., Malang, T., Musyafir,), & Aditya, C. (2025). Penerapan Metode Pert Dan Cpm Untuk Mencapai Efektivitas Waktu Dan Biaya Penyelesaian Proyek. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 5(1).
- Kozlowski, R., & Matejun, M. (2021). Characteristic Features Of Project Management In Small And Medium-Sized Enterprises. *E A M: Ekonomie A Management*, 19(1), 33–48. <https://doi.org/10.15240/Tul/001/2016-1-003>
- Kurniawan, H., & Karmelia Shaura, R. (2022). Enrichment: Journal Of Management Workload Analysis Using The Full Time Equivalent (Fte) Method To Optimizing Labor. In *Enrichment: Journal Of Management* (Vol. 12, Issue 4).
- Latief, A., Famalya Melu, P., & Halid Lahay, I. (2021). Pengukuran Waktu Kerja Karyawan Pada Pengemasan Es Kristal Menggunakan Metode Time Study. *Jambura Industrial Review Annisa Latief Dkk*, 1(2). <https://doi.org/10.37905/Jirev.1.2.48-57>
- Made Jiwa Astika, I., Bastari, A., & Sri Suharyo, O. (2021a). Workload Environment Analysis And Optimization Of The Number Personnel Of Ships Using Wla Methods. *International Journal Of Progressive Sciences And Technologies (Ijpsat)*, 27(1), 180–189. <http://ijpsat.ijsht-journals.org>
- Made Jiwa Astika, I., Bastari, A., & Sri Suharyo, O. (2021b). Workload Environment Analysis And Optimization Of The Number Personnel Of Ships Using Wla Methods. *International Journal Of Progressive Sciences And Technologies (Ijpsat)*, 27(1), 180–189. <http://ijpsat.ijsht-journals.org>
- Maghriza, R., & Singgih, M. L. (2023). *Restructuring Job Design Using Job Analysis To Balance Workload And Enhance Productivity* (Pp. 296–311). https://doi.org/10.2991/978-94-6463-288-0_26
- Mutia Astari, N., & Momon Subagyo, A. (N.D.). Perencanaan Manajemen Proyek Dengan Metode Cpm (Critical Path Method) Dan Pert (Program Evaluation And Review Technique). In *Jurnal Konstruksia* | (Vol. 13).
- Nabila, V. S., & Syarvina, W. (2022). Analisis Pengaruh Beban Kerja Terhadap Kinerja Karyawan Pt. Perkebunan Nusantara Iv Medan. *Jurnal Kewarganegaraan*, 6(2).
- Nantoi, D., & Nantoi, V. (2023). Organization Manageability Enhanced Through Topological Modular Forms. *Journal Of Social Sciences*, 6(2), 16–36. [https://doi.org/10.52326/Jss.Utm.2023.6\(2\).02](https://doi.org/10.52326/Jss.Utm.2023.6(2).02)
- Nugroho, W. B. (2020). *Perencanaan Penjadwalan Tenaga Kerja Pada Ukm Songkok Ikat Kepala*.
- Permatasari, A. I., Profita, A., & Gunawan, S. (2021). *Evaluation Of Lean Project Management Method In Tank Premium, Ado, Dan Rfo Di Pertamina Ru V Bakilpapan (Case Study: Pt. Barata Indonesia (Persero))*. <http://ftunmul.ac.id>
- Purnomo, H. (2003). *Pengantar Teknik Industri* (2nd Ed.). Graha Ilmu.
- Purnomo, Y. J., Mm, S. E., Clma Budi Harto, S. E., & Andina Dwijayanti, M. (2021). *Manajemen Sumber Daya Manusia Percetakan Cendikia Mulia Mandiri*.
- Putri, V. A., & Hidayah, N. Y. (2021). Analisis Beban Kerja Karyawan Untuk Memenuhi Kebutuhan Produksi Di Ukm Rissolia *Workload Analysis Of Ukm Rissolia Employees To Meet Production Needs*.

- Putri, V. A., & Hidayah, N. Y. (2022). *Analisis Beban Kerja Karyawan Untuk Memenuhi Kebutuhan Produksi Di Ukm Rissolia Workload Analysis Of Ukm Rissolia Employees To Meet Production Needs*.
- Ramadhani, A. S. (2021). *Pengukuran Waktu Baku Dan Analisis Beban Kerja Untuk Menentukan Jumlah Optimal Tenaga Kerja Pada Proses Cetak Produk Lipstick*.
- Rizki Ramadhani, M. (2023). *Analisis Pengendalian Waktu Menggunakan Aplikasi Microsoft Project Pada Proyek Wiego Houseware*.
- Rosita, D., Candra, A., & Khairunisa. (2024). *Analisis Penjadwalan Proyek Pembangunan Dengan Menggunakan Metode Cpm Dan Pert*.
- Rusindiyanto, Condro Winursito, Y., Nugraha, I., Syaifullah, H., & Aryanti, F. (2023). Analisis Tingkat Efisiensi Kerja Dan Jumlah Karyawan Bagian Produksi Dengan Pendekatan Metode Work Load Analysis (Wla) (Studi Kasus Pt. X). *Waluyo Jatmiko Proceeding*, 311–320. <https://doi.org/10.33005/Wj.V16i1.33>
- Santosa, B. (2009). *Manajemen Proyek*.
- Setiawan, A., Sumartono, B., & Moektiwibowo, D. H. (2023). *Analisis Beban Kerja Dengan Metode Work Load Analysis Untuk Meningkatkan Kinerja Teknisi Penguji Lampu Swa-Balast Di Pt. Sucofindo (Persero) Cibitung*.
- Shah, A. (2021). Pert Vs. Cpm: A Cross Review Analysis. *International Journal Of Social Impact*, 6(1), 2455–2670. <https://doi.org/10.25215/2455/060105>
- Silva, J., Ávila, P., Patrício, L., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Bastos, J., & Castro, H. (2021). Improvement Of Planning And Time Control In The Project Management Of A Metalworking Industry - Case Study. *Procedia Computer Science*, 196, 288–295. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.016>
- Sodikin, I., Hani, S., Susetyo, J., & Fadhilah, A. (2023a). Optimization Of Multi Contruction Project Implementation With Limited Human Resource, Time, And Capital Using The Resource Leveling Method. *Engineering And Technology Journal E-Issn Imam Sodikin, Etj*, 08. <https://doi.org/10.47191/Etj/V8i9.09>
- Sodikin, I., Hani, S., Susetyo, J., & Fadhilah, A. (2023b). Optimization Of Multi Contruction Project Implementation With Limited Human Resource, Time, And Capital Using The Resource Leveling Method. *Engineering And Technology Journal E-Issn Imam Sodikin, Etj*, 08. <https://doi.org/10.47191/Etj/V8i9.09>
- Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional) Jilid 1* (2nd Ed.). Erlangga.
- Soto, P. P., Guzmán, J. B., Armando, J., & Lemus, L. (2023). *Pert-Cpm Management To The Optimization Of Production Times In An Sme In The South Of Guanajuato*. www.jmess.org
- Sugiana, Y., Setiawan, R., Rahim, R., Yosi, R., Rahayu, Y., Catio, M., & Sutoro, M. (2022). *Optimalisasi Sumber Daya Manusia Terhadap Usaha Mikro, Kecil, Dan Menengah (Ukm) Produk Furnitur Di Kab / Kota Cirebon Jawa Barat* (Vol. 2).
- Syafi, I., Arianto, B., & Indramawan, D. (2022). *Penerapan Workload Analysis Pada Mesin Hot Melt Lurus Dalam Efisiensi Tenaga Kerja*.
- Wicaksono, A., Utomo, W., & Mulyono, N. B. (2024). *International Journal Of Current Science Research And Review Optimization Of Staffing Levels And Personnel Budgeting Through Standardized Job Descriptions And Workload Analysis: A Case Study Of Operations Director I's Projects At Pt Wijaya Karya (Persero) Tbk*. <https://doi.org/10.47191/Ijcsrr/V7-i8-60>
- Yanita, R., Ningrum, I. F., & Mochtar, K. (2022). *Manfaat Penerapan Metode Aon (Activity On Node) Untuk Penjadwalan Proyek Bangunan Bertingkat Tinggi* (Benefits Of

Implementing Aon (Activity On Node) Method For Scheduling High-Rise Building Project).

Yudha Pratama, A., Rukmayadi, D., & Hamdani, H. (2024). *Analysis Of The Production Process Of Water Meter Assembly Using The Time Study Method To Increase Productivity At Pt. Xyz.*

A-Tabel Luas Area di Bawah Kurva Normal Standar Kumulatif Z (Lanjutan)

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.9	0.00005	0.00005	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00003	0.00003
-3.8	0.00007	0.00007	0.00007	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00005	0.00005	0.00005
-3.7	0.00011	0.00010	0.00010	0.00010	0.00009	0.00009	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008
-3.6	0.00016	0.00015	0.00015	0.00014	0.00014	0.00013	0.00013	0.00012	0.00012	0.00011
-3.5	0.00023	0.00022	0.00022	0.00021	0.00020	0.00019	0.00019	0.00018	0.00017	0.00017
-3.4	0.00034	0.00032	0.00031	0.00030	0.00029	0.00028	0.00027	0.00026	0.00025	0.00024
-3.3	0.00048	0.00047	0.00045	0.00043	0.00042	0.00040	0.00039	0.00038	0.00036	0.00035
-3.2	0.00069	0.00066	0.00064	0.00062	0.00060	0.00058	0.00056	0.00054	0.00052	0.00050
-3.1	0.00097	0.00094	0.00090	0.00087	0.00084	0.00082	0.00079	0.00076	0.00074	0.00071
-3.0	0.00135	0.00131	0.00126	0.00122	0.00118	0.00114	0.00111	0.00107	0.00103	0.00100
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2388	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2482	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
-0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641

B-Dokumentasi Penelitian

