

BAB IV

TUGAS KHUSUS MAGANG

“Minimasi Total Waktu Proyek Melalui Penugasan Aktivitas Kerja Berdasarkan Keahlian”

4.1 Pendahuluan Tugas Khusus

Subbab ini menjelaskan mengenai hal-hal yang melatarbelakangi terlaksananya penelitian. Subbab ini mencakup latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

4.1.1 Latar belakang

Persaingan industri yang ketat pada era revolusi industri 4.0 menyebabkan pertumbuhan industri yang memengaruhi berbagai bidang perusahaan untuk meningkatkan produktivitas dalam kegiatan produksi. Setiap pelaku industri bersaing dalam meningkatkan kualitas terbaiknya dengan melakukan peningkatan di setiap kegiatan produksi yang dilakukan. Kegiatan produksi melibatkan berbagai faktor-faktor produksi seperti proses, mesin, peralatan, tenaga kerja, dan material. Perusahaan berusaha mendapatkan hasil yang optimal, seluruh faktor-faktor produksi harus terlebih dahulu direncanakan dengan baik, efektif, dan efisien dengan melakukan penjadwalan dan penugasan sumber daya perusahaan sesuai dengan keahliannya. Penjadwalan merupakan bagian yang penting dari proses produksi sebelum suatu pekerjaan dilakukan di rantai produksi. Sistem penjadwalan yang kurang baik dapat memperpanjang waktu penyelesaian produksi yang pada akhirnya dapat menurunkan kuantitas produksi yang dihasilkan. Tak hanya itu, penugasan sesuai dengan keahlian pekerja juga penting sehingga perusahaan diharapkan dapat mengalokasikan pekerja dengan tepat. Dalam penugasan produksi yang tepat didapatkan pengerjaan aktivitas sesuai keahlian dengan waktu total penyelesaian produksi yang minimum dan permintaan dapat terpenuhi tepat waktu.

Menurut Baker (1974), penjadwalan didefinisikan sebagai proses pengalokasian sumber-sumber atau mesin-mesin yang ada untuk menjalankan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. Tak jarang penjadwalan produksi yang telah dibuat oleh perusahaan tidak berjalan dengan baik, hal ini disebabkan karena adanya keterbatasan, seperti alokasi pemilihan sumber daya dan perencanaan kapasitas yang kurang baik. Menurut Pinedo (2002), permasalahan penjadwalan pekerjaan (*job scheduling*) memfokuskan pada bagaimana mengalokasikan sumber daya produksi yang terbatas (mesin) untuk melakukan proses pada serangkaian aktivitas pekerjaan proyek pada satu periode waktu dalam rangka mengoptimalkan fungsi tujuan tertentu. Sedangkan menurut Nurhasanah et al. (2014) penjadwalan produksi merupakan suatu proses pengambilan keputusan untuk menghasilkan *output* melalui proses pengelompokan, pemilihan dan penentuan waktu penggunaan sumber daya (*resource*) yang dimiliki.

Banyak perusahaan yang belum menerapkan penjadwalan dan penugasan produksi yang baik terutama pada perusahaan yang memiliki berbagai jenis produk dan melakukan pengerjaan berdasarkan permintaan pelanggan (*make to order*). Penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian merupakan topik penelitian yang belum pernah dilakukan di PT Cahaya Agro Teknik, yang artinya hingga saat ini perusahaan belum melakukan penugasan pekerja pada aktivitas produksi berdasarkan keahlian melainkan proyek yang ada dilakukan berdasarkan pembagian tim dan kesadaran diri para pekerja untuk mengerjakan aktivitas produksi tiap proyek. Pada kondisi ini sangat mungkin perusahaan tidak menyadari bahwa penjadwalan yang dilakukan belum optimal sehingga waktu pengerjaan proyek yang lama dan pengalokasian pekerja yang tidak sesuai dengan keahlian yang dimiliki. Maka dari itu topik penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja dilakukan untuk mengetahui dan mengoptimalkan total waktu proyek serta pengalokasian pekerja yang sesuai dengan aktivitas pekerjaan proyek.

Penelitian ini bertujuan untuk menjadwalkan produksi, mengalokasikan sumber daya pekerja ke dalam setiap aktivitas pekerjaan proyek, dan memberikan

usulan perbaikan untuk mengoptimalkan total waktu proyek dalam produksi mesin peras santan mini dan mesin rajang kentang. Penelitian ini membantu PT Cahaya Agro Teknik dalam melakukan penjadwalan produksi dan pengalokasian tenaga kerja yang dapat digunakan untuk meminimumkan total waktu penyelesaian proyek. Di masa mendatang, penelitian ini juga dapat diterapkan secara berkelanjutan sehingga analisis dapat dilakukan pada proyek mesin lainnya. Analisis ini membantu perusahaan mengoptimalkan sumber daya pekerja dan waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan proyek serta melakukan evaluasi untuk mendapatkan solusi perbaikan dan memberikan keuntungan bagi perusahaan.

Penelitian ini menggunakan survei sebagai strategi penelitian dengan observasi sebagai metode pengumpulan data dan pengumpulan data berupa data primer yang bersifat kuantitatif. Alasan observasi dipilih sebagai metode pengumpulan data adalah karena data yang dikumpulkan tidak tersedia pada data historis sehingga hanya bisa didapat melalui pengamatan langsung. Data yang diambil secara langsung adalah waktu proses produksi, data permintaan mesin pada bulan November 2022, serta data keahlian pekerja. Dalam mengidentifikasi keahlian pekerja dilakukan wawancara kepada kepala produksi yang telah berpengalaman dalam memimpin para pekerja. Data yang ada dilakukan pengembangan model matematis untuk menjadwalkan produksi serta pengalokasian pekerja berdasarkan keahliannya.

4.1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diutarakan pada latar belakang, maka rumusan masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana model penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja untuk meminimalkan total waktu proyek?

4.1.3 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat adalah untuk mengetahui model penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja untuk meminimalkan total waktu proyek.

4.1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dijumpai pada kegiatan magang di PT Cahaya Agro Teknik adalah sebagai berikut:

1. Pengamatan dilakukan pada *workshop* di Surabaya pada area proses produksi.
2. Data yang digunakan merupakan pengerjaan 2 proyek mesin berupa mesin rajang kentang dan mesin peras santan mini pada bulan November 2022.
3. Waktu *setup* dan biaya terkait pengerjaan yang ada di perusahaan tidak diperhitungkan.

4.1.5 Asumsi

Asumsi yang digunakan pada kegiatan magang di PT Cahaya Agro Teknik adalah sebagai berikut:

1. Bahan baku selalu tersedia.
2. Kondisi mesin produksi dianggap berjalan dengan normal, tidak mengalami kondisi *breakdown* di tengah-tengah waktu produksi.
3. Proses produksi dilakukan pada hari kerja Senin-Jumat dengan jam kerja 07.30-16.00 WIB (7,5 jam kerja).

4.1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada laporan magang di PT Cahaya Agro Teknik adalah sebagai berikut:

1. Subbab 4.1 : Pendahuluan Tugas Khusus Magang

Subbab ini merupakan subbab pertama dari bab tugas khusus magang pada laporan magang.

Subbab ini menjelaskan mengenai hal-hal yang mendasari penulisan penelitian ini, yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, asumsi penelitian, dan sistematika penulisan laporan magang.

2. Subbab 4.2 : Tinjauan Pustaka

Subbab ini berisi tentang kajian penelitian terdahulu dan landasan teori dari penelitian-penelitian terdahulu dengan topik serupa dan berkaitan dengan pembahasan pada topik khusus magang. Teori tersebut digunakan sebagai dasar dalam mengemukakan penyelesaian masalah penelitian. Beberapa teori yang menjadi landasan yaitu pengertian mengenai pengertian penjadwalan produksi, *Mixed-Integer Nonlinear Programming* (MINLP), dan *Critical Path Method* (CPM) yang mendukung penelitian.

3. Subbab 4.3 : Metode Penelitian

Subbab ini menjelaskan mengenai tahapan-tahapan yang sistematis pada proses penelitian yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pembuatan model konseptual, pengambilan dan pengolahan data, analisis data, hingga penarikan kesimpulan serta saran.

4. Subbab 4.4 : Pengumpulan dan Pengolahan Data

Subbab ini berisi tentang metode pengumpulan dan pengolahan data yang nantinya diproses dan dianalisis untuk memecahkan masalah penelitian. Data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Data primer didapat

melalui pengamatan secara langsung serta wawancara kepada kepala produksi terkait. Sedangkan data sekunder didapat melalui rekap data pekerja Operasional. Data yang dikumpulkan dan diolah antara lain proyek yang dikerjakan, aktivitas kerja tiap proyek, waktu produksi, keahlian pekerja, dan batas waktu penyelesaian proyek. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya dibuat model matematika berdasarkan metode yang telah ditetapkan sebelumnya. Model matematika nantinya akan digunakan untuk pengolahan data serta pembuatan *Critical Path Method* (CPM).

5. Subbab 4.5 : Analisis Data

Subbab ini menjelaskan mengenai hasil pengolahan data yang telah dilakukan sebagai upaya dalam menjawab rumusan masalah penelitian ini. Verifikasi model dan validasi model dilakukan untuk menjamin model matematika yang dibuat memiliki nilai kebenaran secara matematis dan mengetahui tingkat keakuratan model merepresentasikan keadaan yang sebenarnya. Subbab ini juga menginterpretasikan hasil pengolahan data proyek produksi, dan hasil minimasi total waktu proyek melalui penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian.

6. Subbab 4.6 : Penutup

Subbab ini merupakan subbab terakhir dari tugas khusus magang yang berisi tentang kesimpulan dari hasil analisis data yang mengacu pada tujuan penelitian dan pemecahan masalah penelitian. Subbab ini juga berisi saran untuk

penelitian selanjutnya dengan topik serupa di masa mendatang. Saran dapat berupa rekomendasi pengembangan metode lain yang dapat digunakan oleh peneliti selanjutnya dalam menyelesaikan masalah yang serupa.

4.2 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka merupakan hasil dari peninjauan pustaka yang relevan dengan topik penelitian yang dilakukan. Subbab ini berisi landasan teori mengenai pengertian penjadwalan produksi, *Mixed-Integer Nonlinear Programming* (MINLP), dan *Critical Path Method* (CPM) yang mendukung penelitian.

4.2.1 Penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu dengan topik optimasi penjadwalan digunakan sebagai acuan untuk menyempurnakan penelitian ini. Dengan adanya acuan terhadap penelitian terdahulu, penelitian ini dapat memberikan kebaruan dan memperkuat hasil penelitian dari penelitian terdahulu. Beberapa penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kajian Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Metode yang Digunakan	Hasil Penelitian
1	Putri, T. A. (2016).	Penerapan <i>Goal Programming</i> Pada Optimasi Penjadwalan Proyek Pelebaran Jalan (Studi Kasus: Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat)	<i>Goal Programming</i>	Penjadwalan proyek Pelebaran Jalan Mlirip -Kriann dengan penyelesaian total waktu proyek sebesar 38 minggu dengan pencapaian 96.81%. Biaya penyelesaian cenderung lebih mahal daripada percobaan yang lainnya yaitu Rp 7.960.123.038.
2	Anggraini, A. (2018)	Optimalisasi Biaya Transportasi pada Pengiriman Bahan Timbunan dengan Metode <i>Mixed Integer Linear Programming</i> di Proyek Pembangunan Tol Gempol-Pasuruan	<i>Mixed Integer Linear Programming</i>	Terdapat penghematan armada truk yang digunakan sebanyak 8 truk serta penentuan rute pengiriman bolak-balik untuk masing-masing truk yang optimal. Biaya penghematan sebesar 6,39% atau senilai Rp 1.136.566.650,00 untuk biaya transportasi pengiriman bahan ke masing-masing zona proyek.

Tabel 4.1 Kajian Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Metode yang Digunakan	Hasil Penelitian
3	Vanany, I., Maftuhah, D. I., Soeprijanto, A., & Arifin, F. R. (2018)	<i>Development of Halal Audit Information System (HAIS) and its Implementation Evaluation Based on Time–cost Trade–off Using Integer Linear Programming (ILP)</i>	<i>Integer Linear Programming</i>	Hasil menunjukkan bahwa <i>Integer Linear Programming</i> dapat digunakan untuk menghitung <i>trade-off</i> antara waktu dan biaya kegiatan implementasi HAIS, seperti aktivitas pemrograman perangkat lunak dan aktivitas pengujian perangkat lunak.
4	Rakkyung Ko, Daeyoung Kang and Sung-Kwan Joo (2019)	<i>Mixed Integer Quadratic Programming Based Scheduling Methods for Day-Ahead Bidding and Intra-Day Operation of Virtual Power Plant</i>	<i>Mixed Integer Quadratic Programming</i>	Metode penjadwalan penawaran pasar DA menentukan 1 jam dengan durasi penawaran 24 jam partisipasi pasar, dan metode penjadwalan operasi ID menentukan operasi DER 5 menit berulang-ulang. Setiap metode penjadwalan mencapai tujuannya, khususnya metode penjadwalan operasi ID berhasil meningkatkan insentif tanpa merugikan REC dan pendapatan SMP signifikan.

Tabel 4.1 menunjukkan kajian penelitian terdahulu dengan topik *linear programming*. Terdapat perbedaan pada masing-masing penelitian di atas. Penelitian oleh Putri, T. A. (2016) menggunakan *Goal Programming* dalam optimasi penjadwalan proyek pelebaran jalan. Sementara Anggraini, A. (2018) menggunakan *Mixed Integer Linear Programming* untuk mengoptimalkan biaya transportasi dengan penentuan rute pengiriman bolak-balik untuk masing-masing truk yang optimal. Kemudian Vanany, *et al* (2018) melakukan penelitian dengan menggunakan *Integer Linear Programming* untuk menghitung *trade-off* antara waktu dan biaya kegiatan implementasi HAIS. Terakhir Rakkyung Ko, *et al* (2019) menggunakan *Mixed Integer Quadratic Programming* untuk penjadwalan penawaran pasar DA dan penjadwalan operasi ID dapat meningkatkan insentif tanpa merugikan REC dan pendapatan SMP signifikan.

4.2.2 Penjadwalan Produksi

Menurut Haming & Nurnajmuddin (2012), penjadwalan merupakan suatu proses mengorganisir, memilih dan menggunakan sumber daya yang tepat untuk mengalokasikan semua aktivitas yang penting pada sebuah prosedur sesuai dengan *output* yang diinginkan dan pada waktu yang diinginkan, walaupun ketepatan waktu merupakan kepuasan pelanggan dan adanya keterbatasan hubungan antara aktivitas dan sumber daya. Menurut Ginting (2009), penjadwalan adalah pengurutan pembuatan atau pengerjaan produk secara menyeluruh yang dikerjakan pada beberapa buah mesin. Sedangkan menurut Baker (1974), penjadwalan (*scheduling*) merupakan proses pengalokasian sumber daya untuk memilih sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. Penjadwalan merupakan sebuah fungsi dalam pengambilan keputusan untuk menentukan jadwal yang paling tepat. Pengertian lainnya, penjadwalan merupakan inti dari teori yang berisi kumpulan prinsip, model, teknik dan kesimpulan logis dalam pengambilan keputusan. Secara umum tujuan penjadwalan (Baker, 1974) adalah:

1. Meningkatkan produktivitas mesin, yaitu mengurangi waktu menganggur.

2. Mengurangi persediaan barang setengah jadi dengan cara mengurangi jumlah rata-rata pekerjaan yang menunggu dalam antrian suatu mesin karena mesin tersebut sibuk.
3. Mengurangi beberapa keterlambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas *completion time* (waktu penyelesaian) sehingga meminimasi *penalty cost* (biaya keterlambatan).

4.2.3 *Mixed-Integer Nonlinear Programming* (MINLP)

Menurut Bazaraa et al, (2006) *Nonlinear Programming* (NLP) adalah suatu teknik dalam masalah optimasi yang mempunyai fungsi tujuan nonlinear dan fungsi kendala berbentuk nonlinear atau linear. Selain itu Luknanto (2000) juga menyatakan bahwa suatu permasalahan optimasi disebut nonlinier jika fungsi tujuan dan kendalanya mempunyai bentuk nonlinier pada salah satu atau keduanya. Model nonlinear pada masalah optimasi dinyatakan dengan bentuk variabel keputusan pada fungsi tujuannya merupakan kuadrat dari variabel keputusan atau perkalian dari dua variabel keputusan.

Masalah pengambilan keputusan optimal dalam dunia ilmiah, teknik, dan *public sector* baik keputusan diskrit maupun dinamika sistem nonlinier yang memengaruhi kualitas model akhir atau perencanaan. Permasalahan *Mixed-Integer Nonlinear Programming* (MINLP) menggabungkan masalah kombinatorial dalam mengoptimalkan kumpulan variabel diskrit dengan tantangan menangani fungsi nonlinier. *Mixed-Integer Nonlinear Programming* adalah salah satu paradigma pemodelan paling umum dalam optimasi dan mencakup *Non-Linear Programming* (NLP) dan *Mixed-Integer Nonlinear Programming* (MINLP) sebagai submasalah. *Mixed-Integer Quadratic Programming* (MIQP) adalah masalah pengoptimalan fungsi kuadrat pada titik-titik dalam himpunan polihedral yang beberapa komponennya dibatasi menjadi integral. *Mixed-Integer Quadratic Programming* (MIQP) adalah kelas *Mixed-Integer Nonlinear Programming* (MINLP) yang paling sederhana namun paling penting yang berisi dua sumber kesulitan utama: variabel keputusan diskrit dan

nonlinier dalam fungsi tujuan. Model umum dari *Mixed-Integer Nonlinear Programming* dapat dilihat pada persamaan (4.1):

$$\begin{aligned}
 & \text{Minimize } x && f(x), \\
 & \text{subject to} && c(x) \leq 0, \\
 & && x \in X, \\
 & && x_i \in Z, \forall i \in I,
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

Di mana:

$$f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$$

$$c: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m \text{ a}$$

$X \subset \mathbb{R}^n$ adalah himpunan polihedral terbatas.

$I \subseteq \{1, \dots, n\}$ adalah kumpulan indeks variabel integer.

4.2.4 *Critical Path Method (CPM)*

Menurut Heizer dan Render (2011), *Critical Path Method (CPM)* merupakan Teknik Manajemen Proyek yang menggunakan hanya satu faktor waktu per kegiatan. Sedangkan menurut Taylor III (2009), CPM adalah suatu jaringan CPM terdiri dari cabang-cabang dan simpul-simpul yang mencerminkan aktivitas atau suatu project atau operasi dan simpul-simpul melambangkan awal dan akhir suatu aktivitas. Menurut Heizer dan Render (2006) metode CPM telah dikembangkan tahun 1950-an, yang mana merupakan pengembangan dari manajemen perencanaan. Metode CPM ini memiliki tampilan berupa jaringan kerja yang didalamnya terdapat definisi kegiatan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan tersebut. Waktu tersebut merupakan sebuah asumsi yang ditentukan masing-masing kegiatan. Dengan adanya waktu atau durasi kerja, maka akan menghasilkan jalur kritis yang merupakan jalur penting untuk diperhatikan dan diperhitungkan dengan matang, agar nantinya menghasilkan waktu yang efisien dan menghindari keterlambatan proyek. Adapun hal yang akan diketahui atau dibahas dengan metode CPM adalah sebagai berikut:

1. Berapa lama penyelesaian atau lamanya durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek.

2. Mengetahui jalur kritis, sehingga akan mampu mengasumsikan kegiatan yang tidak bisa ditunda lagi untuk menghindari keterlambatan waktu.
3. Menentukan aktifitas yang bukan masuk dalam *critical*, sehingga saat mengalami keterlambatan waktu tidak akan mengganggu waktu secara penuh dalam proyek.
4. Menentukan jumlah *probability project* yang diasumsikan akan memiliki waktu yang tepat jika dikerjakan.
5. Dapat mengidentifikasi adanya keterlambatan sebuah pekerjaan dalam kurun waktu tertentu, dengan melakukan pencocokan *schedule* yang sudah ada.
6. Dapat mengkaji kelebihan ataupun kekurangan biaya pekerjaan dalam waktu tertentu sehingga bisa disesuaikan dengan anggaran yang sudah ada.
7. Mengkaji *resource* yang ada agar dapat melakukan kegiatan sesuai dengan jadwal.
8. Mengetahui langkah yang akan diambil, jika sewaktu-waktu proyek yang sedang dikerjakan ingin segera diselesaikan, bisa mengambil keputusan akan kebijakan yang ada secara tiba-tiba.

4.3 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian adalah strategi secara menyeluruh yang digunakan untuk melakukan penelitian dan menjawab pertanyaan penelitian secara tepat dan sistematis. Subbab ini menjelaskan pendekatan penelitian dan desain penelitian yang digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian.

4.3.1 Pendahuluan

Penelitian pada magang di PT Cahaya Agro Teknik bertujuan untuk merancang penjadwalan produksi sehingga dapat meminimasi total waktu penyelesaian proyek, menugaskan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja, dan menjadwalkan seluruh proyek agar dapat selesai sesuai batas waktu yang diinginkan. Penelitian ini bersifat kuantitatif dengan strategi survei dengan

observasi dan wawancara sebagai metode pengumpulan data. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data numerik, seperti waktu proses produksi, jumlah permintaan produk, penilaian keahlian pekerja, dan batas waktu penyelesaian proyek.

4.3.2 Partisipan atau Subjek Penelitian

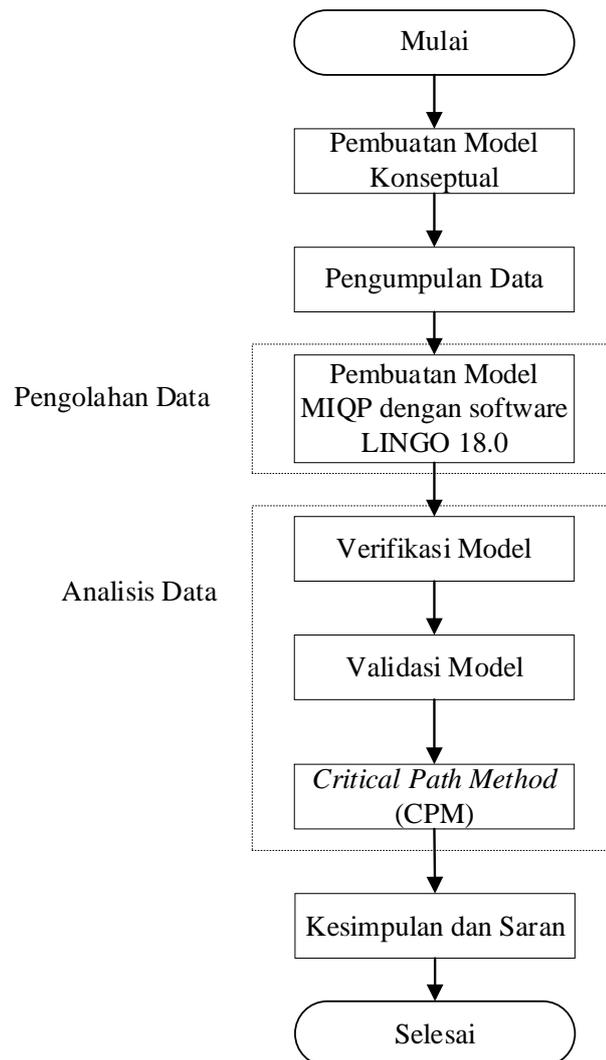
Subjek penelitian dalam kegiatan magang yang dilakukan PT Cahaya Agro Teknik adalah pesanan pada mesin peras santan mini dan mesin rajang kentang dipilih sebagai subjek penelitian karena produk mesin tersebut merupakan produk yang sering dibuat oleh perusahaan dan memiliki proses produksi serta waktu produksi yang bervariasi untuk setiap aktivitas kerja.

4.3.3 Setting Penelitian

Penelitian pada kegiatan magang dilakukan di PT Cahaya Agrp Teknik yang berlokasi di Jalan Bronggalan Sawah VG No.35-C, Pacar Kembang, Kec. Tambaksari, Surabaya, Jawa Timur. Penelitian dilakukan selama lima bulan terhitung dari tanggal 01 Agustus 2022 dan berakhir pada 31 Desember 2022. Penelitian dilakukan mengikuti jadwal operasional pabrik, yaitu Senin-Jumat pukul 07.30-16.00 WIB.

4.3.4 Prosedur Penelitian

Dalam melakukan penelitian, adanya langkah-langkah penelitian yang sistematis sehingga dari awal penelitian dapat berjalan dengan baik sehingga mampu menjawab pertanyaan penelitian di akhir penelitian. Langkah-langkah penelitian pada kegiatan magang di PT Cahaya Agro Teknik ditampilkan dalam bentuk *flowchart* seperti pada Gambar 4.1.

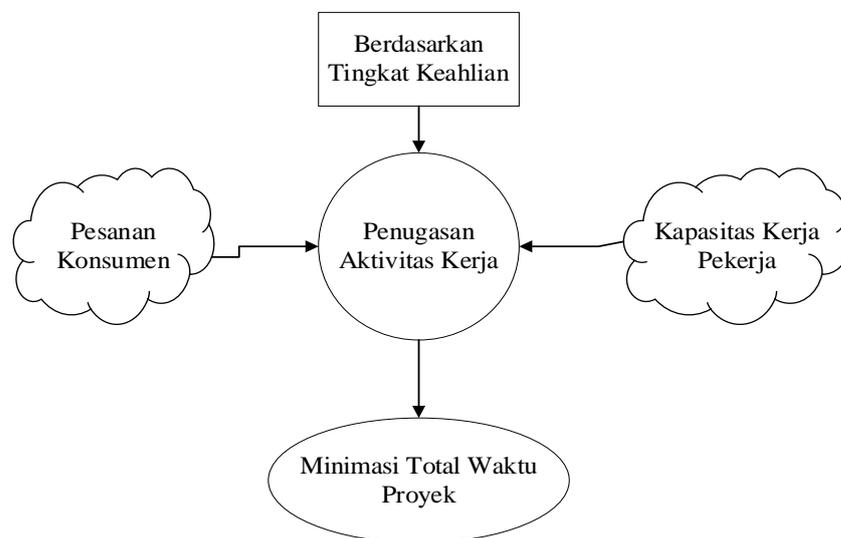


Gambar 4.1 *Flowchart* Langkah-Langkah Penelitian

Gambar 4.1 merupakan *flowchart* langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini. Proses penelitian diawali dengan pembuatan model konseptual berdasarkan permasalahan yang ditemukan di PT Cahaya Agro Teknik pada area produksi. Setelah membuat model konseptual, selanjutnya dilakukan pengumpulan data yang berkaitan dengan permasalahan yang terjadi. Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah dan dianalisis menggunakan metode yang telah ditentukan untuk memberikan solusi. Diakhir penelitian dilakukan penarikan kesimpulan yang menjawab rumusan masalah penelitian dan juga saran yang dapat diberikan bagi penelitian selanjutnya dengan topik serupa.

4.3.5 Pembuatan Model Konseptual

Model konseptual ini dibuat dengan tujuan untuk memberikan gambaran mengenai permasalahan yang terjadi. Dengan adanya model konseptual juga memberikan kerangka kerja yang teratur bagi persepsi dan nilai-nilai yang berkaitan dengan permasalahan yang ada. Model konseptual dibuat menggunakan *influence diagram*. Berdasarkan permasalahan yang terjadi di PT Cahaya Agro Teknik, area produksi bagian perencanaan atau penjadwalan serta penugasan aktivitas kerja proyek, dibuatlah model konseptual yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Model Konseptual

4.3.6 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan yang diteliti. Data yang dikumpulkan terdapat dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang didapat dari pengamatan secara langsung pada area produksi Bronggalan serta wawancara kepada kepala produksi untuk menilai (*judgment*) keahlian pekerja. Pengamatan dilakukan pada hari Selasa, 08 November – Jumat, 11 November 2022 mulai pukul 07.30-16.00 WIB. Data yang dikumpulkan melalui pengamatan secara langsung adalah aktivitas kerja proyek yang sedang dikerjakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan tiap

aktivitas kerja pada tiap proyek. Dilakukan pengamatan pada aktivitas kerja tiap proyek dengan memperhatikan urutan aktivitas kerja dan keahlian yang dibutuhkan dalam menyelesaikan aktivitas kerja tersebut. Data waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan tiap aktivitas diambil menggunakan alat bantu berupa *stopwatch* yang kemudian akan dicatat pada kertas. Data ini akan berguna untuk menghitung waktu selesai tiap proyek.

Selain dengan pengamatan secara langsung, pengumpulan data penilaian keahlian pekerja didapat melalui wawancara kepada kepala produksi Bronggalan. Dari hasil wawancara tersebut, keahlian pekerja dikelompokkan menjadi 9 jenis, yaitu pengukuran, pemotongan, penghalusan, penekukan, pembubutan, pengeboran, pengelasan, perakitan, dan *finishing*. Selanjutnya dari pengelompokkan tersebut, kepala produksi akan memberikan nilai (*judgment*) dengan skala 0-4 untuk keahlian masing-masing pekerja. Hal ini bertujuan untuk mengetahui mana saja pekerja yang cocok untuk dialokasikan ke aktivitas kerja yang membutuhkan keahlian yang sesuai. Data sekunder yang digunakan yaitu data batas waktu penyelesaian proyek mesin peras santan mini dan mesin rajang kentang. Data sekunder ini didapatkan dari hasil rekapan pekerja Operasional di PT Cahaya Agro Teknik. Tabel 4.2 merupakan skala penilaian yang digunakan kepala produksi untuk menilai keahlian pekerja.

Tabel 4.2 Skala Penilaian Keahlian Pekerja PT Cahaya Agro Teknik

Level	Keterangan	Nilai Keahlian Pekerja
0	Tidak mampu mengerjakan aktivitas kerja.	5
1	Mampu mengerjakan aktivitas kerja dengan hasil 2.5x lebih lambat dibandingkan waktu standar.	2.5
2	Mampu mengerjakan aktivitas kerja dengan hasil 1.5x lebih lambat dibandingkan waktu standar.	1.5
3	Mampu mengerjakan aktivitas kerja dengan hasil sesuai waktu standar.	1

Tabel 4.3 Skala Penilaian Keahlian Pekerja PT Cahaya Agro Teknik (Lanjutan)

Level	Keterangan	Nilai Keahlian Pekerja
4	Mampu mengerjakan aktivitas kerja dengan hasil 2x lebih cepat dibandingkan waktu standar.	0.5

4.3.7 Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan solusi dari rumus masalah sebelumnya. Hal yang dilakukan pertama dari pengolahan data yaitu pembuatan model formal menggunakan *Non-Linear Programming* (NLP) dengan jenis *Mixed-Integer Quadratic Programming* (MIQP). Model *Mixed-Integer Quadratic Programming* (MIQP) dipilih karena dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja. Langkah pertama dari pembuatan model matematika dengan MIQP yaitu menentukan variabel keputusan, dilanjutkan dengan membuat fungsi tujuan dan menambahkan batasan kendali (*constraint*) yang ada. Langkah selanjutnya dari pengolahan data yaitu menggunakan model formal untuk mengatasi penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja pada area produksi Bronggalan. Dalam pengolahan data ini dibantu dengan *software* LINGO 18.0 untuk menjalankan model matematika dari penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja yang sudah dibuat.

4.3.8 Analisis Data

Data yang telah diolah selanjutnya dilakukan tahap analisis data. Analisis data terdapat dua bagian, yaitu verifikasi model dan validasi model. Verifikasi bertujuan untuk memastikan bahwa model matematika yang dibuat sesuai dan memenuhi berbagai persyaratan batasan (*constraint*). Sedangkan validasi bertujuan untuk menentukan keberartian dari model yang sudah dibuat sebagai representasi sistem nyata.

4.3.9 Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data menggunakan model *Mixed-Integer Quadratic Programming*. Kesimpulan yang didapat berupa bagaimana model penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja untuk meminimalkan total waktu proyek. Kesimpulan yang didapat telah menjawab rumusan masalah yang telah dibuat sebelumnya. Selanjutnya penulisan saran bagi laporan yang telah dibuat, khususnya pada bagian tugas khusus magang. Pengerjaan laporan magang masih jauh dari kata sempurna, sehingga diperlukan saran yang membangun mengenai penulisan laporan magang ini. Selain itu, saran berupa rekomendasi bagi penulis lain mengenai pengembangan metode yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan dan topik yang serupa.

4.4 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Subbab ini menunjukkan data mentah yang dikumpulkan melalui observasi dan wawancara serta hasil pengolahan data yang telah dikumpulkan.

4.4.1 Permintaan Proyek

Tabel 4.4 Data Permintaan Proyek

Proyek	Nama Produk	Tanggal Pesanan Masuk (dd-mm-yyyy)	Tanggal Pesanan Harus Selesai (dd-mm-yyyy)	Jumlah Permintaan (unit)
1	Mesin Peras Santan Mini	08-11-2022	12-11-2022	1
2	Mesin Rajang Kentang	08-11-2022	11-11-2022	1

Pada Tabel 4.3 merupakan data permintaan proyek pada area produksi Bronggalan. Berdasarkan data permintaan proyek yang diambil pada tanggal 08 November 2022, didapatkan data permintaan proyek adalah mesin peras santan mini sebanyak satu unit dan mesin rajang kentang sebanyak satu unit. Pada proyek pertama yaitu mesin peras santan mini harus diselesaikan sebelum tanggal

12 November 2022, sedangkan pada proyek kedua yaitu mesin rajang kentang harus diselesaikan sebelum tanggal 11 November 2022. Dalam satu shift kerja per hari, tiap pekerja memiliki jam kerja produktif sebesar 7,5 jam. Sehingga dibuatlah penjadwalan dan penugasan pekerja untuk menyelesaikan kedua proyek tersebut.

4.4.2 Waktu Produksi Mesin

Tabel 4.5 Data Waktu Produksi Mesin

No	Elemen Kerja	Waktu Proses (menit/unit)	Total Waktu Proyek (jam/1 unit)
Proyek 1 : Mesin Peras Santan Mini (1 unit)			
1.0	Pembuatan kerangka pangkon mesin peras santan mini	156.74	2.61
1.1	Pengukuran material kerangka pangkon mesin peras santan mini	10	0.17
1.2	Pemotongan material kerangka pangkon mesin peras santan mini	22.12	0.37
1.3	Pengelasan material kerangka pangkon mesin peras santan mini	95	1.58
1.4	Penghalusan material kerangka pangkon mesin peras santan mini	4.1	0.07
1.5	Pengeboran plat roda kerangka mesin peras santan mini	7.3	0.12
1.6	Pemasangan roda pada pangkon mesin peras santan mini	15	0.25
1.7	Pengecatan kerangka pangkon mesin peras santan mini	3.22	0.05
2.0	Pembuatan <i>body</i> penutup mesin penggerak peras santan mini	333	5.55
2.1	Pengukuran material <i>body</i> penutup mesin penggerak peras santan mini	63	1.05
2.2	Pemotongan material <i>body</i> penutup mesin penggerak peras santan mini	90	1.50

Tabel 4.4 Data Waktu Produksi Mesin (Lanjutan)

No	Elemen Kerja	Waktu Proses (menit/unit)	Total Waktu Proyek (jam/1 unit)
2.3	Penekukan material <i>body</i> penutup mesin penggerak peras santan mini	95	1.58
2.4	Pengelasan pola <i>body</i> penutup mesin penggerak peras santan mini	60	1.00
2.5	Pemasangan <i>body</i> penutup mesin penggerak peras santan mini pada kerangka pangkon	25	0.41
3.0	Pembuatan <i>sparepart</i> mesin peras santan mini	710	11.83
3.1	Pembubutan <i>sparepart</i> plendes	250	4.17
3.2	Pembuatan <i>sparepart head</i> peras	200	3.33
3.3	Pembuatan <i>sparepart corong</i>	125	2.08
3.4	Pembuatan <i>sparepart sekru</i>	135	2.25
4.0	Pemasangan mesin penggerak peras santan mini	160	2.67
4.1	Pemasangan alat peras santan mini pada pangkon	110	1.83
4.2	Pemasangan motor penggerak mesin peras santan mini pada pangkon	50	0.83
5.0	<i>Finishing</i>	10	0.17
5.1	Pemolesan mesin peras santan mini	8	0.13
5.2	Pengemasan mesin peras santan mini	2	0.03
Proyek 2 : Mesin Rajang Kentang (1 unit)			
1.0	Penbuatan kerangka pangkon mesin rajang kentang	168.8	2.81
1.1	Pengukuran material kerangka mesin rajang kentang	11.5	0.19

Tabel 4.4 Data Waktu Produksi Mesin (Lanjutan)

No	Elemen Kerja	Waktu Proses (menit/unit)	Total Waktu Proyek (jam/1 unit)
1.2	Pemotongan material kerangka mesin rajang kentang	30	0.50
1.3	Penghalusan material kerangka mesin rajang kentang	6.3	0.11
1.4	Pengeboran pangkon mesin rajang kentang	5	0.08
1.5	Pengelasan material kerangka mesin rajang kentang	105	1.75
1.6	Penghalusan material kerangka mesin rajang kentang	7	0.12
1.7	Pemasangan karet kaki pangkon mesin rajang kentang	4	0.07
2.0	Pembuatan pisau rajang mesin rajang kentang	350.5	5.84
2.1	Penggambaran pola alat pendorong mesin rajang kentang	63	1.05
2.2	Pemotongan pola alat pendorong mesin rajang kentang	90	1.50
2.3	Penekukan pola alat pendorong mesin rajang kentang	95	1.58
2.4	Perakitan alat pendorong mesin rajang kentang	60	1.00
2.5	Pembuatan pisau Rajang	25	0.42
2.6	Penajaman pisau Rajang	17.5	0.29
3.0	Pembuatan <i>sparepart</i> mesin rajang kentang	234.5	3.91
3.1	Pembubutan <i>sparepart</i> as poros	234.5	3.91
4.0	Pemasangan mesin penggerak mesin rajang kentang	184.5	3.08
4.1	Pemasangan alat rajang pada pangko mesin rajang kentang	50	0.83

Tabel 4.4 Data Waktu Produksi Mesin (Lanjutan)

No	Elemen Kerja	Waktu Proses (menit/unit)	Total Waktu Proyek (jam/1 unit)
4.2	Pemasangan alat pendorong mesin rajang kentang pada pangkon	48.5	0.81
4.3	Pemasangan corong <i>output</i> mesin rajang kentang pada pangkon	30	0.50
4.4	Pemasangan motor penggerak mesin rajang kentang pada pangkon	51	0.85
4.5	Pemasangan <i>cover body</i> mesin rajang kentang	5	0.08
5.0	<i>Finishing</i>	16	0.27
5.1	Pemolesan mesin rajang kentang	5	0.08
5.2	Pengecatan mesin rajang kentang	6	0.10
5.3	Pengemasan mesin rajang kentang	5	0.08

Pada Tabel 4.4 merupakan data waktu produksi mesin dengan proyek yang pertama adalah mesin peras santan mini dan proyek kedua adalah mesin rajang kentang. Setiap proyek memiliki aktivitas kerja yang berbeda, proyek satu memiliki 20 aktivitas kerja sedangkan proyek kedua memiliki 22 aktivitas kerja. Proses produksi mesin dilakukan secara urut mulai dengan pengukuran material hingga *finishing* produk dan siap untuk dikirimkan kepada *customer*. Proyek yang diambil dijadikan sebagai *numerical experiment* untuk menentukan model penugasan berdasarkan keahlian pekerja, sehingga proyek lain tidak dimasukkan ke dalam perhitungan.

4.4.3 Hasil Penilaian Keahlian Pekerja

Tabel 4.6 Data Hasil Penilaian Keahlian Pekerja

No	Pekerja	Keahlian								
		BK1	BK2	BK3	BK4	BK5	BK6	BK7	BK8	BK9
		Pengukuran	Pemotongan	Penghalusan	Penekukan	Pembubutan	Pengeboran	Pengelasan	Perakitan	Finishing
1	T1	3	1	2	1	0	1	1	0	2
2	T2	3	2	2	2	1	2	1	1	1
3	T3	3	3	3	3	3	3	2	0	0
4	T4	3	3	3	3	3	3	3	0	3
5	T5	3	2	3	2	3	2	2	0	2
6	T6	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	T7	3	3	3	3	1	2	2	2	0
8	T8	3	3	3	3	0	3	3	2	2
9	T9	3	3	3	3	2	3	3	3	2
10	T10	3	3	3	3	2	3	2	3	3
11	T11	3	2	3	2	0	1	2	1	1
12	T12	3	2	3	2	0	2	2	1	1
13	T13	3	3	3	3	0	3	3	3	3
14	T14	3	3	3	3	0	3	2	2	2
15	T15	3	1	2	1	0	1	1	1	0
16	T16	3	3	3	3	0	3	1	3	2
17	T17	3	2	3	2	0	2	3	2	1
18	T18	3	3	3	3	0	3	2	2	2
19	T19	3	3	3	3	0	2	2	2	2

Tabel 4.5 merupakan data hasil penilaian keahlian pekerja yang didapat dengan melakukan wawancara kepada kepala produksi area Bronggalan. Sebelum penilaian keahlian, dilakukan pendataan pekerja dan pengelompokan jenis keahlian. Data yang didapat tenaga kerja sebanyak 19 orang dan pengelompokan jenis keahlian dilakukan berdasarkan diskusi dengan kepala produksi. dan didapatkan 9 jenis kategori keahlian, yaitu pengukuran, pemotongan, penghalusan, penekukan, pembubutan, pengeboran, pengelasan, perakitan, dan *finishing*. Dilakukan penilaian keahlian pekerja secara judgment oleh kepala produksi yang telah berpengalaman serta mengamati dan mengawasi kegiatan produksi yang

telah berjalan bertahun-tahun. Data keahlian ini akan berpengaruh terhadap penugasan pekerja terhadap aktivitas kerja yang akan dikerjakan. Dengan data keahlian pekerja ini diharapkan dalam penugasan aktivitas kerja terhadap proyek yang akan dijalankan akan lebih sesuai dan meminimasi waktu penyelesaian proyek.

4.4.4 Indeks

Terdapat tiga indeks yang akan digunakan dalam pengembangan model matematika untuk meminiasi total waktu proyek melalui penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian. Ketiga indeks tersebut memuat informasi mengenai proyek yang dikerjakan saat ini, aktivitas kerja pada proyek saat ini, dan penugasan berdasarkan keahlian pekerja untuk aktivitas kerja proyek saat ini. Indeks yang ada pada model matematika adalah sebagai berikut:

- i = proyek ke- i ($i = 1, 2$) yang dikerjakan
- j = aktivitas kerja ke- j ($j = 1, 2, 3, \dots, J$)
- k = pekerja ke- k ($k = 1, 2, \dots, K$)
- l = jenis keahlian ke- l ($l = 1, 2, \dots, L$)

4.4.5 Parameter

Parameter pada model matematika merupakan konstanta pada fungsi tujuan dan fungsi kendala. Beberapa parameter yang digunakan antara lain:

- $T_k B K_l$ = nilai keahlian pekerja ke- k pada jenis keahlian ke- l dengan metode *judgment (score)*
- $W_{i,j}$ = waktu pengerjaan proyek ke- i pada aktivitas kerja ke- j (jam)
- D_i = batas waktu penyelesaian proyek ke- i (jam)
- C = kapasitas jam kerja pekerja per minggu (jam)

Variabel:

$X_{i,j,k}$ = Aktivitas ke- j pada proyek ke- i dikerjakan oleh pekerja ke- k .

Hasil *output* dari model matematika yang dibuat akan bernilai biner, yaitu nol (0) atau satu (1), untuk setiap variable keputusan yang ada. Nilai nol (0) berarti

bahwa proyek tidak dikerjakan oleh pekerja, sedangkan nilai satu (1) berarti bahwa proyek dikerjakan oleh pekerja.

4.4.6 Fungsi Tujuan

Model yang dibuat memiliki tujuan untuk meminimalkan waktu total penyelesaian proyek. Minimasi:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L X_{i,j,k} \times W_{i,j} \times T_k BK_l \quad (4.2)$$

Persamaan (4.2) merupakan persamaan fungsi tujuan yang terdiri dari waktu pengerjaan proyek tiap aktivitas dikali dengan keahlian pekerja yang ditugaskan untuk mengerjakan proyek tersebut.

4.4.7 Fungsi Kendala

Beberapa kendala dalam meminimasi total waktu proyek melalui penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian, diantaranya adalah proyek yang dikerjakan, batas waktu penyelesaian proyek, kapasitas jam kerja pekerja per minggu, dan penugasan pekerja agar pengalokasian merata. Berbagai kendala memiliki model matematika yang berbeda dan dirumuskan sebagai berikut:

- 1) Proyek yang dikerjakan

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K X_{i,j,k} = 1, \forall i \quad (4.3)$$

Fungsi kendala persamaan (4.3) bertujuan untuk membatasi setiap proyek hanya akan dikerjakan sebanyak satu kali pada aktivitas kerja tertentu oleh pekerja. Hal ini dilakukan untuk menghindari pengerjaan proyek pada aktivitas kerja yang sama akan dikerjakan oleh pekerja yang berbeda.

- 2) Batas waktu penyelesaian proyek

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L X_{i,j,k} \times W_{i,j} \times T_k BK_l \leq D_i, \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (4.4)$$

Persamaan (4.4) merupakan fungsi kendala yang bertujuan untuk membatasi waktu penyelesaian proyek yang dikerjakan oleh pekerja agar tidak melebihi *deadline* yang telah ditentukan. Tanda kurang dari sama dengan (\leq) yang digunakan memiliki arti bahwa proyek yang dikerjakan diperbolehkan untuk kurang atau sama dengan *deadline* yang telah ditentukan.

- 3) Kapasitas jam kerja pekerja per minggu (jam)

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K X_{i,j,k} \times W_{i,j} \times T_k BK_j \leq C \quad (4.5)$$

Fungsi kendala pada persamaan (4.5) digunakan untuk membatasi kapasitas jam kerja pekerja per minggu sehingga tidak terjadi lembur saat menyelesaikan aktivitas kerja proyek. Tanda kurang dari sama dengan (\leq) yang digunakan memiliki arti bahwa seluruh aktivitas kerja proyek yang dikerjakan diperbolehkan untuk kurang atau sama dengan kapasitas jam kerja pekerja per minggu.

- 4) Penugasan pekerja agar pengalokasian merata

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L X_{i,j,k} \leq 3 \quad (4.6)$$

Fungsi kendala pada persamaan (4.6) merupakan fungsi kendala yang bertujuan untuk membatasi penugasan aktivitas kerja tiap kerja agar pembagian penugasan merata sehingga tidak ada pekerja yang menganggur. Tanda kurang dari sama dengan (\leq) yang digunakan memiliki arti bahwa jumlah aktivitas kerja pada proyek yang dikerjakan diperbolehkan untuk kurang atau sama dengan tiga aktivitas kerja.

4.4.8 Batasan Nonnegatif

Batasan nonnegatif diperlukan untuk menyatakan bahwa seluruh variabel yang ada tidak bernilai negatif. Batasan nonnegatif yang digunakan pada model matematika dapat terlihat pada persamaan (4.7).

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L X_{i,j,k} \geq 0 \quad (4.7)$$

4.5 Analisis Data

Subbab ini berisi tentang pembahasan dan interpretasi dari setiap pengolahan data yang telah dilakukan. Model matematika yang telah dibuat digunakan untuk menjawab permasalahan penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja pada area produksi Bronggalan. Diambil dua proyek untuk selanjutnya dilakukan penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja. Hasil *output* model matematika selanjutnya diolah untuk menghitung total waktu proyek menggunakan *Critical Path Method (CPM)*.

4.5.1 Verifikasi Model

Hasil *output* model matematika dilakukan proses verifikasi yang bertujuan untuk membuktikan bahwa model memiliki nilai kebenaran dan konsisten secara logika. Hasil *output* model matematika diverifikasi untuk memastikan seluruh aktivitas tiap proyek dikerjakan, proyek dapat selesai sesuai *deadline*, penugasan pekerja sesuai keahlian pekerja, dan penugasan tiap pekerja tidak melebihi kapasitas tiap pekerja. Hasil *running* model penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja dapat dilihat pada Lampiran 2 dan Lampiran 3.

Tabel 4.7 Verifikasi dengan Melihat Penugasan Aktivitas Kerja Berdasarkan Keahlian

Variabel Keputusan	Hasil <i>Report Running</i>
X ₁₀₁₀₁	1
X ₁₀₂₀₃	1
X ₁₀₃₁₄	1
X ₁₀₄₀₄	1
X ₁₀₅₁₉	1

Tael 4.6 Verifikasi dengan Melihat Penugasan Aktivitas Kerja Berdasarkan Keahlian (Lanjutan)

Variabel Keputusan	Hasil <i>Report Running</i>
X ₁₀₆₀₆	1
X ₁₀₇₀₄	1
X ₁₀₈₀₁	1
X ₁₀₉₁₄	1
X ₁₁₀₀₇	1
X ₁₁₁₀₈	1
X ₁₁₂₁₆	1
X ₁₁₃₀₃	1
X ₁₁₄₀₅	1
X ₁₁₅₁₈	1
X ₁₁₆₁₇	1
X ₁₁₇₀₆	1
X ₁₁₈₀₉	1
X ₁₁₉₁₃	1
X ₁₂₀₁₀	1
X ₂₀₁₀₁	1
X ₂₀₂₁₉	1
X ₂₀₃₀₃	1
X ₂₀₄₁₄	1
X ₂₀₅₁₇	1
X ₂₀₆₁₂	1
X ₂₀₇₀₆	1
X ₂₀₈₀₅	1
X ₂₀₉₁₉	1
X ₂₁₀₀₇	1
X ₂₁₁₀₉	1
X ₂₁₂₁₇	1
X ₂₁₃₀₇	1
X ₂₁₄₀₅	1
X ₂₁₅₁₀	1
X ₂₁₆₁₆	1
X ₂₁₇₁₃	1
X ₂₁₈₀₉	1
X ₂₁₉₁₆	1
X ₂₂₀₁₀	1

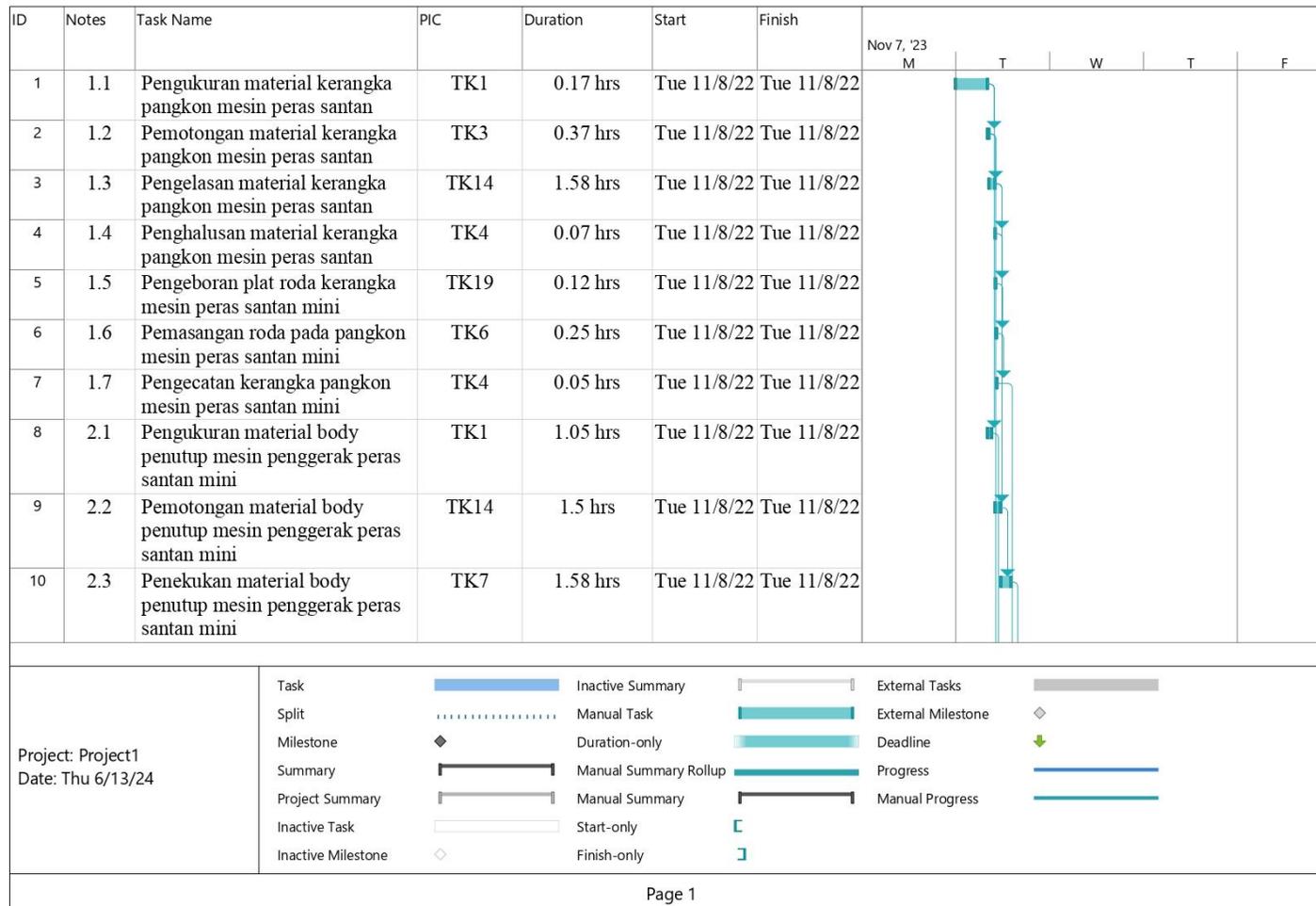
Tael 4.6 Verifikasi dengan Melihat Penugasan Aktivitas Kerja Berdasarkan Keahlian (Lanjutan)

Variabel Keputusan	Hasil <i>Report Running</i>
X ₂₂₁₀₄	1
X ₂₂₂₁₃	1

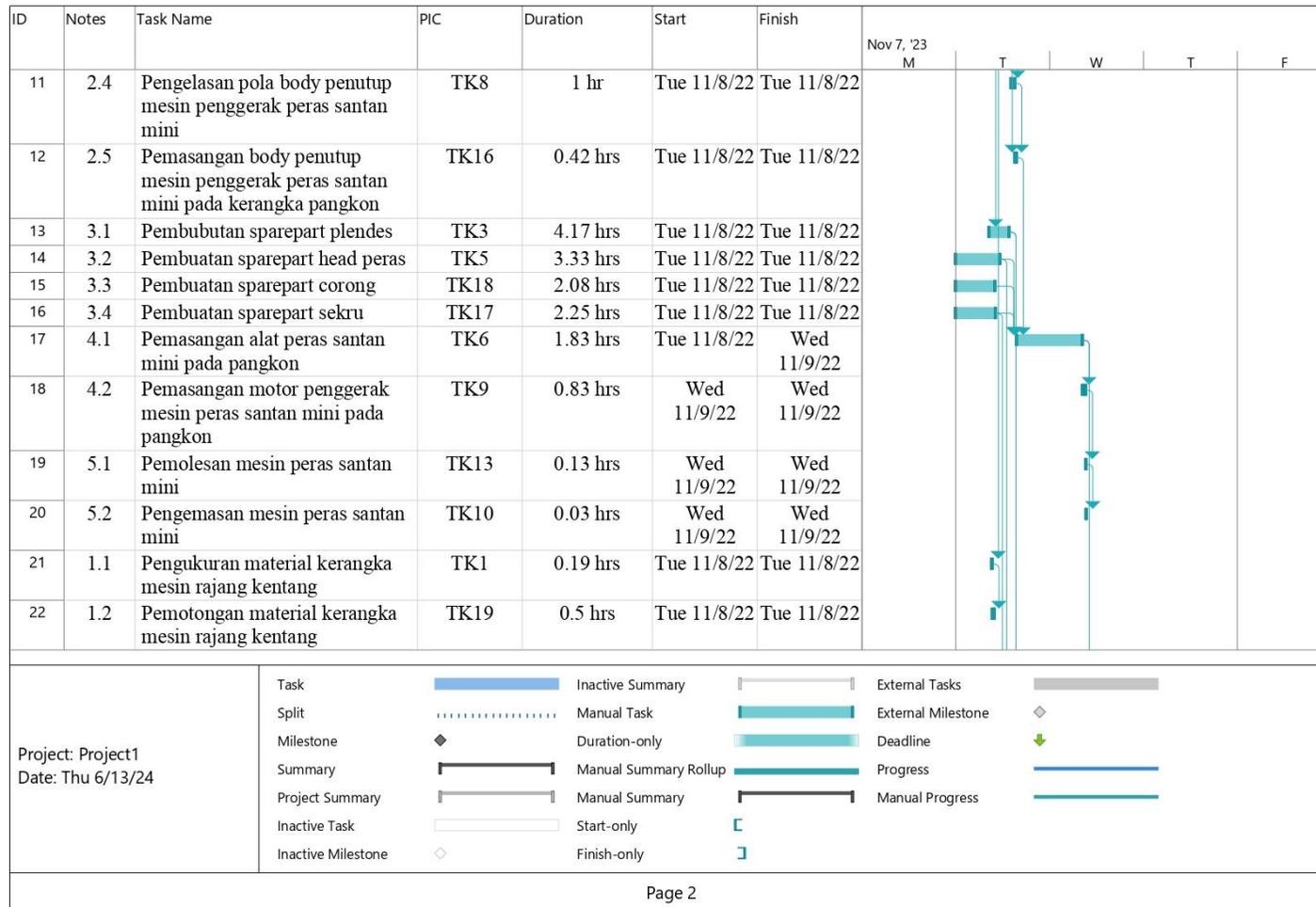
Berdasarkan Tabel 4.6 yang menunjukkan penugasan aktivitas kerja yang dikerjakan dari setiap proyek kepada pekerja. Setiap aktivitas kerja tiap proyek akan diproduksi oleh pekerja berdasarkan keahlian, dapat terlihat bahwa setiap aktivitas kerja yang ada akan dikerjakan sebanyak satu kali. Selain itu, setiap aktivitas kerja proyek akan terjamin bahwa dikerjakan oleh tenaga kerja yang memiliki keahlian yang sesuai. Hasil *report running* model dengan memunculkan nilai satu (1) dan nol (0) untuk aktivitas kerja proyek, dengan nilai satu (1) yang berarti dikerjakan dan nol (0) yang berarti tidak dikerjakan. Melalui verifikasi ini, dapat diketahui bahwa model matematika yang telah dibuat sudah sesuai karena setiap aktivitas kerja pada proyek dikerjakan sebanyak satu kali berdasarkan nilai keahlian pekerja.

4.5.2 Validasi Model

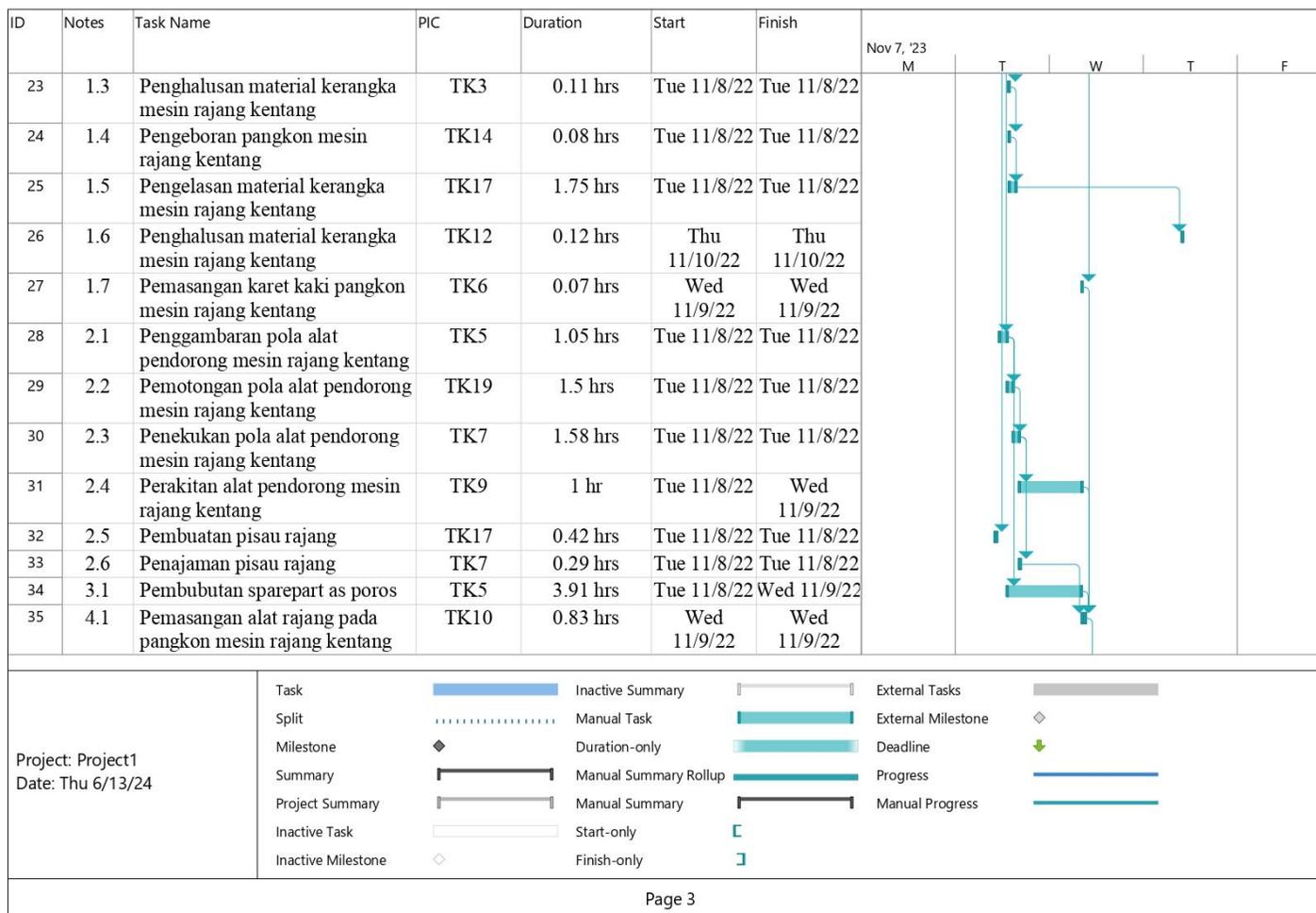
Proses validasi untuk menentukan keakuratan dari model yang telah dibuat telah merepresentasi sistem nyata. Proses validasi dilakukan dengan melihat seluruh aktivitas kerja telah dikerjakan oleh seluruh pekerja berdasarkan keahlian pekerja. Penugasan aktivitas kerja dapat memberikan informasi untuk membantu pengambilan keputusan dalam menjadwalkan produksi. Gambar 4.3 hasil seluruh aktivitas kerja telah dikerjakan oleh pekerja dengan waktu mulai dan waktu selesai digambarkan dengan bantuan *Gantt Chart*.



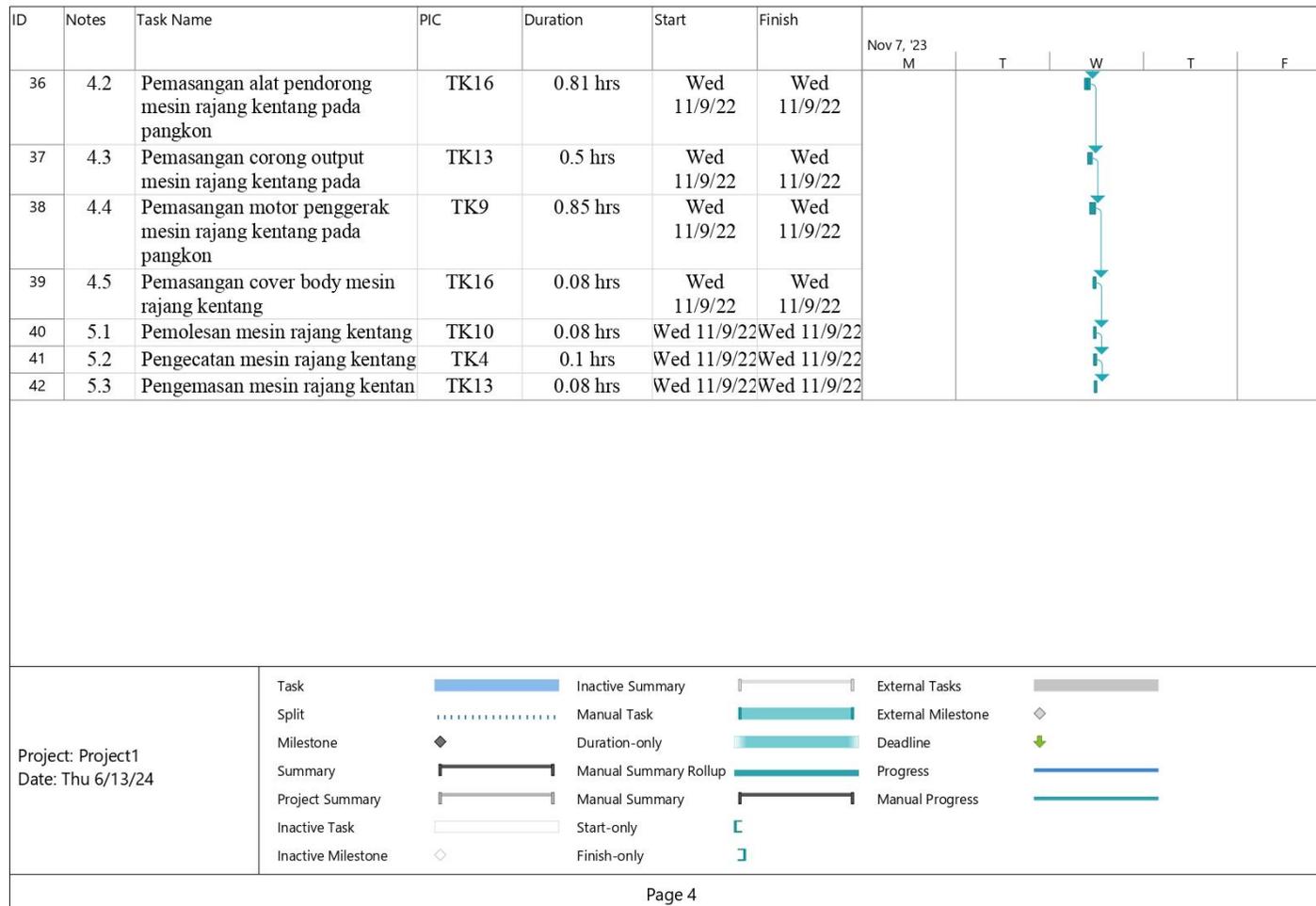
Gambar 4.3 Gantt Chart Penugasan Aktivitas Kerja Proyek



Gambar 4.3 Gantt Chart Penugasan Aktivitas Kerja Proyek (Lanjutan)



Gambar 4.3 Gantt Chart Penugasan Aktivitas Kerja Proyek (Lanjutan)



Gambar 4.3 Gantt Chart Penugasan Aktivitas Kerja Proyek (Lanjutan)

Dapat terlihat pada Gambar 4.3 yang merupakan hasil penugasan seluruh aktivitas kerja oleh pekerja berdasarkan keahliannya. Seluruh aktivitas kerja dari proyek pertama hingga proyek kedua dikerjakan tanpa ada satu aktivitas kerja yang terlewatkan. Hal ini membuktikan bahwa model yang telah dibuat valid karena seluruh pengerjaan aktivitas kerja dikerjakan oleh pekerja berdasarkan keahliannya dapat selesai. Sebelumnya penugasan pekerja pada aktivitas kerja tidak dilakukan secara adil dan sesuai dengan keahlian sehingga menyebabkan beberapa aktivitas kerja tertunda atau *delay*. Hal ini menyebabkan waktu penyelesaian proyek lebih lama dan tidak dapat memenuhi permintaan *deadline* dari *costumer*.

4.5.3 *Critical Path Method (CPM)*

Critical Path Method digunakan untuk mengetahui aktivitas kerja mana saja yang saling berkaitan sehingga perlu dikerjakan secara berurutan dan mana aktivitas kerja yang tidak memiliki aktivitas kerja pendahulu sehingga dapat dikerjakan terlebih dahulu. Hasil model matematika berupa penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja digunakan untuk menyusun dan menghitung total waktu penyelesaian suatu proyek. Hasil perhitungan *Critical Path Method* dengan memperhatikan penugasan pekerja dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.8 Data Hasil *Critical Path Method*

Proyek 1 : Mesin Peras Santan Mini							
Kode	Elemen Kerja	Pendahulu	Total Waktu Proyek (Jam)	ES	EF	LS	LF
1.1	Pengukuran material kerangka pangkon mesin peras santan mini	-	0.17	0	0.17	3.59	3.76
1.2	Pemotongan material kerangka pangkon mesin peras santan mini	1.1	0.37	0.17	0.54	3.76	4.12
1.3	Pengelasan material kerangka pangkon mesin peras santan mini	1.2	1.58	0.54	2.12	4.12	5.71
1.4	Penghalusan material kerangka pangkon mesin peras santan mini	1.3	0.07	2.12	2.19	5.71	5.78
1.5	Pengeboran plat roda kerangka mesin peras santan mini	1.4	0.12	2.19	2.31	5.78	5.90
1.6	Pemasangan roda pada pangkon mesin peras santan mini	1.5	0.25	2.31	2.56	5.90	6.15
1.7	Pengecatan kerangka pangkon mesin peras santan mini	1.6	0.05	2.56	2.61	6.15	6.20
2.1	Pengukuran material <i>body</i> penutup mesin penggerak peras santan mini	-	1.05	0.17	1.22	1.07	2.12
2.2	Pemotongan material <i>body</i> penutup mesin penggerak peras santan mini	2.1	1.50	2.12	3.62	2.12	3.62

Tabel 4.7 Data Hasil *Critical Path Method* (Lanjutan)

Proyek 1 : Mesin Peras Santan Mini							
Kode	Elemen Kerja	Pendahulu	Total Waktu Proyek (Jam)	ES	EF	LS	LF
2.3	Penekukan material <i>body</i> penutup mesin penggerak peras santan mini	2.2	1.58	3.62	5.20	3.62	5.20
2.4	Pengelasan pola <i>body</i> penutup mesin penggerak peras santan mini	2.3	1.00	5.20	6.20	5.20	6.20
2.5	Pemasangan <i>body</i> penutup mesin penggerak peras santan mini pada kerangka pangkon	1.7,2.4	0.42	6.20	6.62	6.20	6.62
3.1	Pembubutan <i>sparepart</i> plendes	-	4.17	0.54	4.70	2.45	6.62
3.2	Pembuatan <i>sparepart</i> head peras	-	3.33	0.00	3.33	3.28	6.62
3.3	Pembuatan <i>sparepart</i> corong	-	2.08	0.00	2.08	4.54	6.62
3.4	Pembuatan <i>sparepart</i> sekru	-	2.25	0.00	2.25	4.37	6.62
4.1	Pemasangan alat peras santan mini pada pangkon	2.5,3.1,3.2, 3.3,3.4	1.83	6.62	8.45	6.62	8.45
4.2	Pemasangan motor penggerak mesin peras santan mini pada pangkon	4.1	0.83	8.45	9.28	8.45	9.28
5.1	Pemolesan mesin peras santan mini	4.2	0.13	9.28	9.42	9.28	9.42
5.2	Pengemasan mesin peras santan mini	5.1	0.03	9.42	9.45	9.42	9.45

Tabel 4.7 Data Hasil *Critical Path Method* (Lanjutan)

Proyek 2 : Mesin Rajang Kentang							
Kode	Elemen Kerja	Pendahulu	Total Waktu Proyek (Jam)	ES	EF	LS	LF
1.1	Pengukuran material kerangka mesin rajang kentang	-	0.19	1.22	1.41	5.70	5.90
1.2	Pemotongan material kerangka mesin rajang kentang	1.1	0.50	1.41	1.91	5.90	6.40
1.3	Penghalusan material kerangka mesin rajang kentang	1.2	0.11	4.70	4.81	6.40	6.50
1.4	Pengeboran pangkon mesin rajang kentang	1.3	0.08	4.81	4.89	6.50	6.58
1.5	Pengelasan material kerangka mesin rajang kentang	1.4	1.75	4.89	6.64	6.58	8.34
1.6	Penghalusan material kerangka mesin rajang kentang	1.5	0.12	6.64	6.76	8.34	8.45
1.7	Pemasangan karet kaki pangkon mesin rajang kentang	1.6	0.07	8.45	8.52	8.45	8.52
2.1	Penggambaran pola alat pendorong mesin rajang kentang	-	1.05	3.33	4.38	3.38	4.44
2.2	Pemotongan pola alat pendorong mesin rajang kentang	2.1	1.50	4.38	5.88	4.44	5.94

Tabel 4.7 Data Hasil *Critical Path Method* (Lanjutan)

Proyek 2 : Mesin Rajang Kentang							
Ko-de	Elemen Kerja	Pendahulu	Total Waktu Proyek (Jam)	ES	EF	LS	LF
2.3	Penekukan pola alat pendorong mesin rajang kentang	2.2	1.58	5.88	7.47	5.94	7.52
2.4	Perakitan alat pendorong mesin rajang kentang	2.3	1.00	7.47	8.47	7.52	8.52
2.5	Pembuatan pisau Rajang	-	0.42	2.25	2.67	7.81	8.23
2.6	Penajaman pisau rajang	2.5	0.29	7.47	7.76	8.23	8.52
3.1	Pembubutan <i>sparepart</i> as poros	-	3.91	4.38	8.29	4.61	8.52
4.1	Pemasangan alat rajang pada pangkon mesin rajang kentang	1.7,2.4,2.6,3.1	0.83	8.52	9.35	8.52	9.35
4.2	Pemasangan alat pendorong mesin rajang kentang pada pangkon	4.1	0.81	9.35	10.16	9.35	10.16
4.3	Pemasangan corong <i>output</i> mesin rajang kentang pada pangkon	4.2	0.50	10.16	10.66	10.16	10.66
4.4	Pemasangan motor penggerak mesin rajang kentang pada pangkon	4.3	0.85	10.66	11.51	10.66	11.51
4.5	Pemasangan <i>cover body</i> mesin rajang kentang	4.4	0.08	11.51	11.59	11.51	11.59

Tabel 4.7 Data Hasil *Critical Path Method* (Lanjutan)

Proyek 2 : Mesin Rajang Kentang							
Ko-de	Elemen Kerja	Pendahulu	Total Waktu Proyek (Jam)	ES	EF	LS	LF
5.1	Pemolesan mesin rajang kentang	4.5	0.08	11.59	11.68	11.59	11.68
5.2	Pengecatan mesin rajang kentang	5.1	0.10	11.68	11.78	11.68	11.78
5.3	Pengemasan mesin rajang kentang	5.2	0.08	11.78	11.86	11.78	11.86

Dapat dilihat pada Tabel 4.7 menunjukkan aktivitas kerja tiap proyek beserta hubungan tiap aktivitas kerja pendahulu. Tiap aktivitas kerja memiliki pendahulu yang dapat dilihat pada Lampiran 4 dan Lampiran 5. Tiap aktivitas kerja dikerjakan oleh pekerja yang telah ditugaskan sesuai dengan keahlian pekerja sehingga total waktu proyek telah dihitung. Selanjutnya dibuatlah urutan pengerjaan aktivitas kerja untuk tiap pekerja menggunakan proses *two-pass*, yang terdiri dari *forward pass* dan *backward pass*. ES (*earliest start*) dan EF (*earliest finish*) ditentukan dari *forward pass*, sedangkan LS (*latest start*) dan LF (*latest finish*) ditentukan selama *backward pass*. Pada perhitungan menggunakan *forward pass*, dilakukan identifikasi waktu-waktu terdahulu dengan aturan sebelum suatu kegiatan dapat dimulai, kegiatan pendahulu langsungnya (*predecessor*) harus selesai. Perhitungan dengan *backward pass*, dilakukan identifikasi waktu-waktu terakhir dengan aturan Jika suatu kegiatan adalah pendahulu langsung bagi hanya satu kegiatan, LF-nya sama dengan LS dari kegiatan yang secara langsung mengikutinya (*successor*). Hasil dari penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja pada seluruh proyek dapat dilihat pada Lampiran 6. Dari perhitungan penugasan tersebut didapatkan waktu total seluruh proyek dapat diselesaikan selama 11,86 jam.

4.6 Penutup

Subbab ini berisi hasil analisis yang diringkas dalam kesimpulan untuk menjawab pertanyaan penelitian. Subbab ini juga berisi saran yang ditujukan untuk penelitian di masa mendatang dengan topik yang serupa.

4.6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan di PT Cahaya Agro Teknik, didapatkan kesimpulan bahwa model minimasi total waktu proyek melalui penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja memberikan solusi. Hal ini dapat dibuktikan dengan proses validasi penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja didapatkan waktu total seluruh proyek selama 11,86 jam atau mengalami percepatan waktu penyelesaian proyek selama 3,14 jam. Penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja berpengaruh secara signifikan terhadap waktu penyelesaian proyek. Minimnya keahlian pekerja dapat mengakibatkan penundaan aktivitas kerja serta keterlambatan pesanan. Model matematika yang dibuat juga menunjukkan bahwa perubahan dari parameter penugasan pekerja serta nilai keahlian pekerja dapat mengakibatkan perubahan terhadap solusi optimal.

4.6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya dari hasil penelitian ini yaitu menggunakan metode heuristik dikarenakan jumlah proyek dan aktivitas kerja yang begitu besar dalam proyek produksi. Pembuatan model penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja dengan MIQP hanya menggunakan *numerical experiment* karena jika seluruh proyek diperhitungkan akan membutuhkan waktu yang cukup lama. Dengan usulan metode tersebut, diharapkan proses penugasan aktivitas kerja berdasarkan keahlian pekerja dalam jumlah proyek yang lebih besar dapat lebih cepat dan memperoleh hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, Amelia. 2018. Optimalisasi Biaya Transportasi pada Pengiriman Bahan Timbunan dengan Metode *Mixed Integer Linear Programming* di Proyek Pembangunan Tol Gempol- Pasuruan. Universitas Brawijaya.
- Arif, Muhammad. 2016. Bahan Ajar Rancangan Teknik Industri. Yogyakarta: Deepublish.
- Baker, K.R. 1974. *Introduction To Sequencing and Scheduling*. New York: John Wiley and Sons.
- Bazaraa MS et al. 2006. *Nonlinear Programming: Theory and Algorithms*, 3 rd Edition. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Colquitt, Jason A. 2015. *Organizational Behavior Improving Performance and Commitment in The Workplace*. New York: Mc Graw Hill.
- Heizer, J., and Render, B. 2011. *Operations Management. 10th Edition*. Pearson Education, Inc. New Jersey.
- Mukti, Agung Sedayu Wibowo Mukti. 2013. Penerapan Metode *Goal Programming* untuk Optimasi Perencanaan Produksi Menggunakan *Software Lindo 6.1* pada CV. Risna Mandiri. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Murahartawaty. 2009. Peramalan. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.
- Optimasi Perencanaan Sepatu Kulit dengan Menggunakan *Linier Programming*. Medan: Institut Teknologi Medan.
- Pinedo, M. 2002. *Scheduling – Theory, Algorithms, and Systems 2nd Edition*. Prentice Hall. New Jersey.
- Putri, Tiar Anindya. 2016. Penerapan *Goal Programming* Pada Optimasi Penjadwalan Proyek Pelebaran Jalan (Studi Kasus: Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat). Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Sanny, L., Sarjono, H., dan Andrie, Y. 2011. Penerapan Model *Linear Programming* untuk Mengoptimalkan Jumlah Produksi dalam Memperoleh Keuntungan Maksimal. Jakarta: Binus University.

- Russell, R. ., & Taylor III, B. 2009. *Operations Management: Along Supply Chain* (6th ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Setiawati, Ni Komang Asih. 2017. *Optimasi Peencanaan Produksi Bakpia Menggunakan Metode Goal Programming*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma. Yusnita, E. & Juarni. 2019.
- Vanany, I., Maftuhah, D. I., Soeprijanto, A., & Arifin, F. R. 2018. *Development of Halal Audit Information System (HAIS) and its Implementation Evaluation Based on Time-cost Trade-off Using Integer Linear Programming (ILP)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember