

## 4. PEMBAHASAN

### 4.1 Proses Produksi di Departemen *Welding* PT Insera Sena

Departemen *Welding* adalah sub-departemen produksi yang bertanggung jawab untuk memproduksi *frame* sepeda. Departemen ini mengubah pipa selonjor menjadi *frame* sepeda yang siap dicat dan dirangkai menjadi sepeda. Departemen ini dapat dibagi menjadi 3 sub-departemen, yaitu *Material*, *Welding*, dan *Finishing frame*.

#### 4.1.1 Proses Produksi di Sub-departemen *Material*

Sub-departemen *Material* bertanggung jawab untuk mengubah bentuk pipa menjadi bentuk yang sesuai dengan yang diinginkan, supaya bisa disatukan oleh sub-departemen *Welding*. Sub-departemen tidak hanya mengubah bentuk pipa, tetapi terdapat juga *raw material* yang sudah terbentuk dari *supplier*. *Raw material* ini biasanya sudah dibentuk menggunakan metode *hydroforming* yang belum mampu diproduksi secara in-house oleh PT Insera Sena.

Pertama-tama, sub-departemen *Material* menerima *raw material* berupa pipa, atau bahan impor yang sudah dibentuk. *Raw material* yang sampai akan dicek supaya kualitas bahan baku yang dipakai baik dan tidak akan mengganggu kegiatan produksi setelahnya. Ketika material sudah siap dipakai, dan sudah terdapat perintah untuk memproduksi sebuah model sepeda, maka proses *cutting* akan dilakukan. *Cutting* adalah proses pemotongan pipa sesuai dengan panjang yang diperlukan. Panjang pipa harus sesuai dengan gambar kerja yang ada.

Setelah itu, pipa-pipa yang panjangnya sudah sesuai akan melalui proses *forming*. Di proses ini, pipa akan ditekuk, dipipihkan, dilebarkan, diberi lubang, dll sesuai dengan gambar kerja yang telah disediakan menggunakan mesin hidrolik. Pipa-pipa yang sudah dipotong dan dibentuk harus dikerjakan secara akurat dan presisi supaya saat disatukan di departemen *welding*, celah antar bagian yang akan di las kecil. Semakin besar celah antara pertemuan material, maka pengerjaan *welding* akan lebih sulit dan hasil pengerjaan juga tidak akan maksimal.

Bila diperlukan potongan pipa yang presisi, terdapat mesin *laser cutting* yang dapat membantu memotong dan melubangi pipa. Biasanya, pipa yang dibentuk menggunakan *laser cutting* adalah *raw material* yang digunakan oleh *e-bike*, *dual suspension*, dan sepeda yang akan diproduksi oleh robot *welding*. Sepeda *e-bike* dan *dual suspension* dapat dijual di pasaran

dengan harga yang lebih tinggi, sehingga kualitasnya pun harus maksimal. Karena teknologi *laser cutting* memungkinkan pembentukan yang kualitasnya sangat baik dan fluktuasinya sangat rendah, maka teknologi ini digunakan untuk produk-produk tersebut. Robot *welding* juga akan sangat terbantu bila bagian yang digunakan dibentuk menggunakan teknologi *laser cutting*. Robot di PT Insera Sena tidak menggunakan teknologi sensor, melainkan koordinat. Bila terjadi fluktuasi bentuk pada material yang akan di las, maka koordinat las yang sudah di set dan disimpan di dalam memori robot tidak akan menghasilkan *frame* dengan las yang baik.

Selanjutnya, pipa yang sudah terbentuk akan melalui proses *brazing*. Proses ini berfungsi untuk memberikan lajur untuk kabel rem, transmisi, dll pada *frame* sepeda. Bila tidak ada proses *brazing*, maka kabel bisa bergerak dan tidak menempel pada *frame* sepeda. Setelah melalui proses *brazing*, pipa akan dicuci menggunakan berbagai senyawa kimia yang dapat menghilangkan minyak dan kotoran yang ada setelah melewati proses pembentukan. Minyak dan kotoran akan mempengaruhi hasil *welding*, kotoran akan membuat las tidak menempel yang tentunya akan mempersulit pekerjaan departemen *welding*.

#### **4.1.2 Proses Produksi di Sub-departemen *Welding***

Sub-departemen *welding* adalah sub-departemen yang bertanggung jawab dalam pengelasan dan penyatuan material, sampai terbentuk menjadi *frame* sepeda. Sub-departemen *welding* memiliki robot *welding* yang dapat mempercepat proses produksi.

Pertama-tama, material yang digunakan untuk pengelasan *frame* bagian belakang (*chain stay, seat stay, dll.*) akan dilas menggunakan manual *welding*, yaitu penggunaan tenaga manusia. Di saat yang bersamaan, *frame* depan (*seat tube, head tube, down tube, top tube, etc*) juga melalui proses *welding*. *Frame* depan di las pada stasiun yang sesuai dengan klasifikasinya, ada yang diproduksi ke jalur robot, dan ada yang diproduksi ke jalur manual. Klasifikasi sepeda ditentukan oleh departemen PPIC, dimana klasifikasi ini adalah salah satu fokus utama pada penelitian ini. Bila *frame* belakang dan *frame* depan sudah selesai di las menggunakan robot maupun manual, kedua *frame* akan disatukan menjadi sebuah *frame* sepeda yang siap melalui proses berikutnya.

Setelah tiap proses *welding* selesai, dilakukan proses *alignment* yang berfungsi untuk menyesuaikan bentuk *frame* sepeda yang sudah di las sesuai dengan gambar kerja yang sudah ditentukan sebelumnya. Hal ini diperlukan karena proses *welding* menggunakan suhu yang sangat tinggi. Suhu tinggi akan membuat material terdeformasi. Proses *alignment* dilakukan setelah pengelasan *frame* belakang secara manual, *frame* depan oleh robot maupun manual,

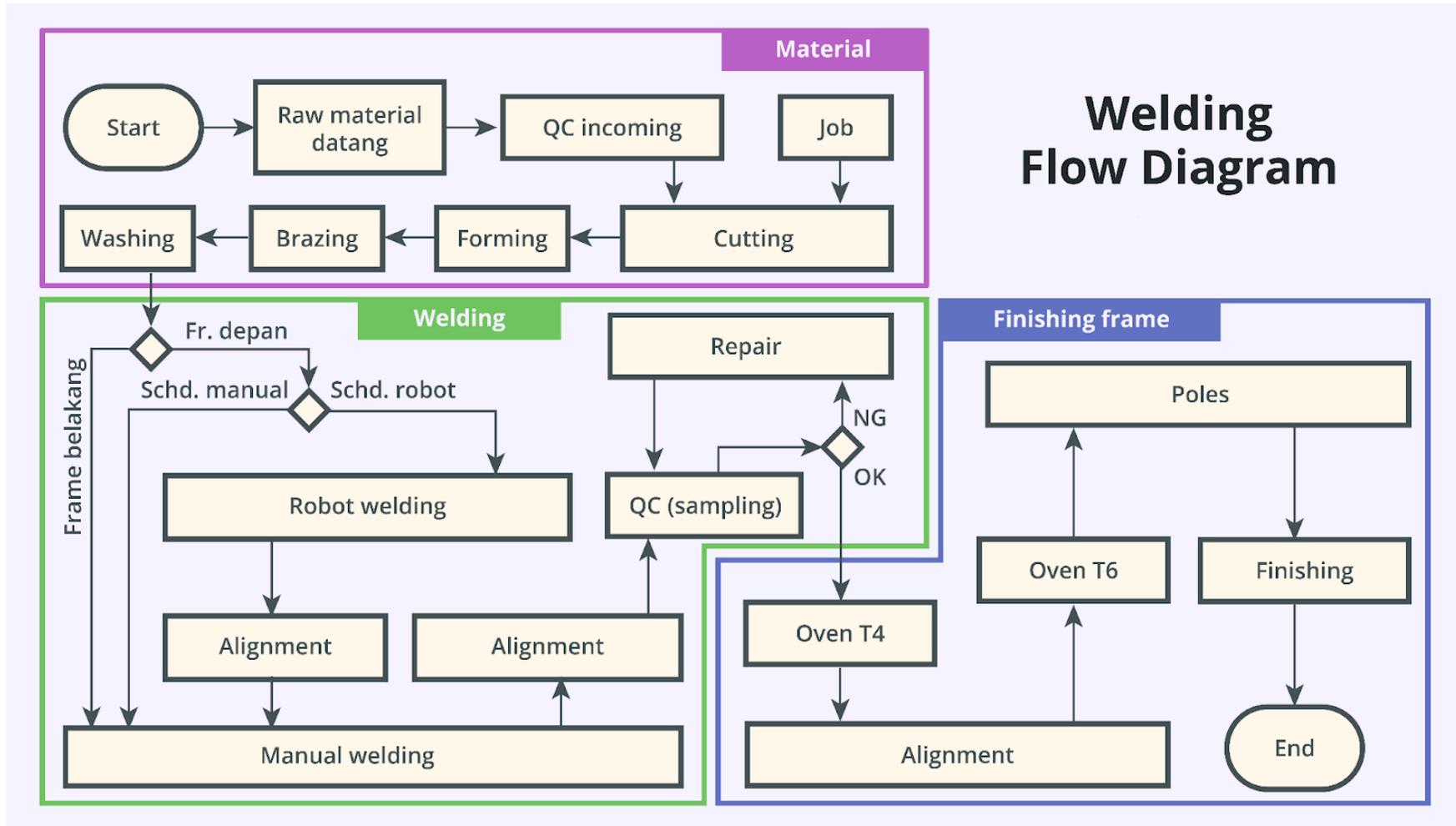
dan proses penyatuan *frame* depan dan *frame* belakang. Tidak lupa dilakukan QC menggunakan metode *sampling* yang sesuai.

#### **4.1.3 Proses Produksi di Sub-departemen *Finishing Frame***

Setelah *frame* sepeda sudah melalui proses *quality control*, akan dilakukan proses *finishing*. Pertama-tama, *heat treatment* akan dilakukan pada *frame*. *Frame* dimasukan kedalam oven T4 yang berfungsi untuk melunakan *frame* dan meng-*uniform*-kan susunan molekul (struktur kristal) pada material *frame*. Oven T4 memanaskan *frame* hingga 500 C selama 90 menit. Komposisi material yang *uniform* akan membuat *frame* menjadi lebih kuat, sehingga tidak mudah mengalami deformasi. Selanjutnya, akan dilakukan proses *alignment* final guna menyesuaikan bentuk *frame* sesuai dengan gambar kerja yang sudah dibuat. Hal ini mungkin dilakukan karena oven T4 memanaskan *frame* dengan suhu tinggi, lalu didinginkan secara instan. Suhu yang tinggi membuat molekul bergetar lebih cepat, sehingga lebih mudah untuk bergerak dan dibentuk.

Setelah bentuk sepeda sesuai, maka selanjutnya *frame* akan dimasukan kedalam Oven T6 yang berfungsi untuk mengeraskan *frame*. Temperatur Oven T6 lebih rendah bila dibandingkan dengan oven T4, yaitu 200 C. Akan tetapi, Oven T6 memanaskan *frame* selama 240 menit, jauh lebih lama dibandingkan dengan oven T4. Setelah waktu pemanasan selesai, *frame* dibiarkan mendingin ke suhu ruang secara alami, sehingga ikatan molekul dan struktur kristal menjadi sangat kuat dan sangat sulit untuk mengalami deformasi. *Frame* yang sudah keras kemudian akan dipoles untuk menghilangkan bijih logam, sisa las, dll. untuk menjaga estetika *frame*.

Setelah *frame* sudah selesai dipoles, maka akan masuk ke dalam proses *finishing*. Proses ini meliputi pembersihan *seat tube* dari sisa material setelah melalui proses *cutting*, *forming*, dan *welding*. Hal ini dilakukan supaya *seat post* bisa masuk ke dalam *seat tube* dengan mudah dan tidak terdapat material yang menutupi akses masuk *seat tube*. Sepeda yang telah selesai melalui proses *finishing* akan melalui proses lainnya di departemen *painting* dan *assembly* sehingga bisa menjadi sepeda yang biasa kita lihat. *Flowchart* proses produksi di departemen *welding* dapat dilihat di Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Flow Diagram produksi di departemen welding

#### 4.1.4 Proses Produksi Frame Depan Menggunakan Robot MIG *Welding*

Karena penelitian ini sangat berfokus pada proses penjadwalan produksi menggunakan robot *welding*, maka pemahaman yang baik tentang cara kerja robot *welding* adalah hal yang krusial. Robot *welding* bekerja dengan menyimpan koordinat dan langkah kerja tiap model dan ukuran sepeda. Robot *welding* terdiri dari banyak bagian yang kompleks dan membutuhkan tenaga ahli untuk memahami seluruh cara kerja bagian yang ada. Akan tetapi, memahami 3 bagian utama cukup untuk memahami prinsip kerja dari robot *welding*.

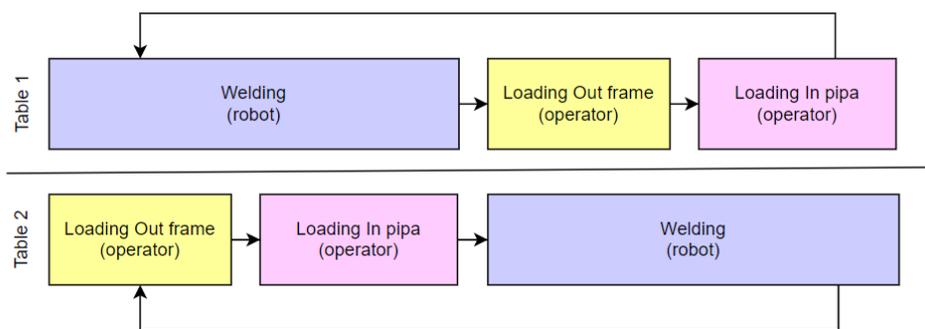
Bagian pertama adalah *arm*, yang merupakan sebuah lengan mekanik yang dapat bergerak pada 6 axis dengan 6 motor yang berbeda, sehingga memungkinkan *arm* bergerak dengan sangat leluasa sesuai dengan objek las yang akan di las. Di ujung *arm* terdapat *torch*, yaitu bagian yang menghasilkan panas ekstrim sambil mengeluarkan filler. *Torch* adalah bagian yang paling dekat dengan titik yang akan di las. Pengelasan menggunakan teknik MIG *welding* yang menggunakan filler sebagai elektroda.

Bagian kedua adalah meja, yaitu bagian dimana pipa yang telah dipotong dan dibentuk sesuai dengan gambar kerja akan di las. Meja dapat bergerak pada 2 axis untuk memudahkan *arm* mencapai bagian-bagian yang sulit dicapai. Pengelasan menggunakan robot memerlukan jig yang akan dipasang pada meja. Jig terdiri dari ragum yang akan menjepit pipa yang akan di las sesuai dengan bentuk frame sepeda. Jig mencegah pipa bergetar atau bergoyang supaya hasil las bisa sesuai dengan standar yang ada. Setiap *size* dan model sepeda memerlukan jig yang berbeda. Sebagai contoh, sepeda Polygon tipe Lovina memerlukan jig yang berbeda dengan sepeda Polygon tipe Monarch. Sepeda Polygon tipe Monarch ukuran L membutuhkan jig yang berbeda dengan Sepeda Polygon tipe Monarch ukuran S. Harga jig adalah Rp.15000000.

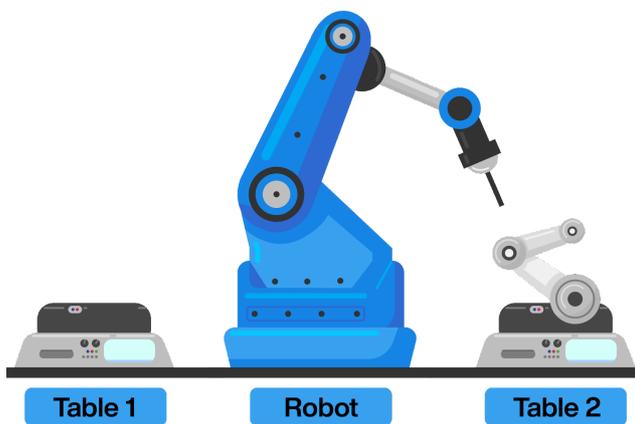
Bagian ketiga adalah *teach pendant* yang berfungsi sebagai otak dari robot *welding*. Semua motor axis, kuat arus las, kecepatan filler, dll. digerakkan dan disimpan oleh *teach pendant*. Keterampilan operator untuk mengoperasikan *teach pendant* sangat penting dalam proses pemrograman koordinat las untuk jig dan sepeda model baru.

Kelebihan dari robot las adalah *labor cost* dan *energy cost* yang lebih rendah, hasil las yang lebih *uniform*, dan lebih cocok untuk memproduksi *frame* dengan volume yang tinggi. Sedangkan, kelemahan dari robot *welding* adalah kurangnya fleksibilitas yang mengakibatkan sensitifitas pada fluktuasi bentuk dan ukuran bahan baku yang tinggi, dan memerlukan investasi jig yang unik untuk tiap model dan ukuran sepeda.

PT Insera Sena memiliki 3 robot MIG *welding*. Tiap robot memiliki 1 *arm* dan 2 meja untuk meningkatkan efisiensi. Dalam penelitian ini, meja akan diberikan nama yang berbeda sesuai dengan robot dimana mereka berada, yaitu meja 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, dan 3.2. Ketika *arm* mengerjakan *frame* pada meja 1, maka meja 2 *idle* dan dapat diisi dengan *frame* yang baru. Ketika *frame* pada meja 1 sudah selesai, maka *arm* akan mengerjakan *frame* yang belum di las pada meja 2. Operator dapat melepas *frame* yang sudah di las dan memasang pipa di meja 1 ketika *arm* mengerjakan *frame* pada meja 2. Berikut adalah visualisasi cara kerja robot pada Gambar 4.2 dan ilustrasi robot *welding* pada Gambar 4.3 untuk mempermudah pemahaman mengenai robot *welding*.



Gambar 4.2 Flow Process Produksi Menggunakan Robot *Welding*



Gambar 4.3 Ilustrasi Robot *Welding*

Hal yang penting untuk dibahas adalah tiap meja memiliki kemampuan produksi yang berbeda. Sebagai contoh, sepeda Polygon Monarch size L hanya bisa diproduksi di meja 1.1 dan 3.1. Sepeda Polygon Lovina hanya bisa diproduksi di meja 1.2, 2.2, dan 3.1. Staff PPIC bisa saja menjadwalkan produksi Polygon Lovina di meja 2.1, tetapi dibutuhkan proses *setting* yang berjalan selama 3 hari dan mengurangi kapasitas produksi pada meja paralel di robot yang

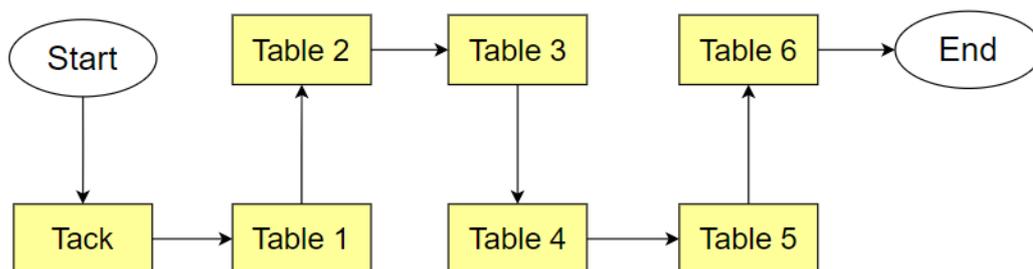
sama sebanyak 33.3%. Maka dari itu, bila kapasitas produksi harian adalah 150 *frame* per meja, maka kapasitas produksi akan berkurang sebanyak 200 *frame* per hari, atau 600 *frame* per 3 hari selama periode *setting*. Hal ini menjadi salah satu kendala utama dalam proses penjadwalan produksi pada robot.

#### 4.1.5 Proses Produksi Frame Depan Menggunakan Manual TIG Welding

Proses pengelasan manual di PT Inera Sena menggunakan teknik pengelasan TIG. Operator memegang *torch* di tangan kanan dan filler di tangan kiri. Objek las dan filler dilelehkan menggunakan *torch* sehingga objek las dapat menyatu. Operator las memerlukan pelatihan dan keahlian yang tinggi untuk memproduksi *frame* sepeda yang kuat, rapih, dan tidak berlubang.

Kelebihan dari *manual welding* bila dibandingkan dengan robot adalah tidak diperlukan jig yang unik untuk tiap model dan *size*, dan tidak sensitif pada fluktuasi bentuk bahan baku karena operator memiliki kemampuan las yang baik dan fleksibel. Sedangkan kelemahannya adalah las manual membutuhkan *labor cost* dan *energy cost* yang lebih tinggi karena membutuhkan 7 mesin las dan 7 operator yang berbeda.

Pada proses pengelasan manual, terdapat 7 stasiun kerja di dalam sebuah lini produksi yang bekerja secara *sequential*. Stasiun kedua baru bisa bekerja ketika stasiun pertama sudah selesai melakukan pengelasan. Stasiun ketiga baru bisa mulai ketika stasiun kedua sudah selesai, dan seterusnya sampai ke stasiun terakhir. Stasiun pertama atau stasiun *tack* berfungsi untuk memberi tanda pada pipa supaya pipa tidak bergeser. Pipa yang keluar dari stasiun *tack* sudah berbentuk seperti *frame* sepeda, tetapi kekuatannya rendah sehingga tidak aman untuk dikendarai. Stasiun kedua sampai ketujuh berbagi tugas untuk melakukan pengelasan di setiap pertemuan pipa. Proses ini memberi kekuatan dan estetika. Berikut adalah visualisasi cara kerja manual *welding* dalam satu lini produksi pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 *Flow Process* Produksi Pengelasan Manual

## 4.2 Penghitungan Volume Produksi Minimum Pada Robot *Welding*

Departemen *Production Planning and Inventory Control* (PPIC) adalah departemen yang bertanggung jawab dalam perencanaan produksi di PT Insera Sena. Terdapat 3 sub-departemen yang dibawah oleh Departemen PPIC, yaitu *Welding* yang bertanggung jawab pada proses pengelasan frame sepeda, *Painting* yang bertanggung jawab pada proses pengecatan frame sepeda, dan *Assembly* yang bertanggung jawab dalam proses perakitan sepeda. Proses *welding* adalah proses yang menjadi fokus utama penelitian ini.

Saat menjadwalkan produksi *welding* secara mingguan, terdapat dua opsi yang dapat dipilih untuk memproduksi *frame* depan, yaitu menggunakan tenaga manusia (manual), dan menggunakan tenaga robot. Untuk membandingkan *direct cost* per satu *frame*, maka perlu dilakukan analisis variabel yang mempengaruhi biaya produksi.

- *Direct labor cost* (biaya tenaga kerja untuk memproduksi satu *frame*)
- *Energy cost* (biaya listrik untuk memproduksi satu *frame*)
- *Filler*
- Gas pelindung
- *Direct material cost*

Konsumsi filler antara robot dan manusia diasumsikan sama, karena panjang las yang diperlukan antara robot dan manusia tidak berbeda. Gas pelindung berfungsi untuk melindungi bidang las pada saat proses pengelasan. Gas pelindung digunakan pada kedua metode las dan terhubung melalui satu saluran yang sama. Pengukuran konsumsi gas pelindung hanya mungkin dilakukan di saluran pusat penyimpanan gas pelindung. Pemasangan alat ukur konsumsi gas pelindung membutuhkan biaya investasi yang relatif tinggi, variabel ini terpaksa harus dianggap sama. *Direct material cost* yang dapat dianggap sama antara robot dan manusia, karena material yang merupakan input dari robot dan manusia adalah sama.

### 4.2.1 Penghitungan *energy cost*

Energi listrik adalah energi yang digunakan oleh robot las ataupun mesin las yang digunakan oleh manusia. Pada umumnya, konsumsi listrik secara akurat dapat dihitung menggunakan *voltmeter*. Karena keterbatasan alat dan biaya, investasi *voltmeter* dirasa tidak relevan untuk dilakukan di dalam penelitian ini. Penghitungan terpaksa dilakukan dengan mengasumsikan robot dan mesin las beroperasi secara konstan pada ambang batas atas yang biasa dilakukan di PT Insera Sena. Penggunaan energi dari robot dan las manual disebutkan di Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1

Estimasi Biaya Listrik pada Robot *Welding*.

<b>ROBOT</b>		
Part Name	Qty	W max
Arm controller	1	10000 watt
Meja controller	1	15000 watt
MIG welder	1	28750 watt
Total		53750 watt
Modifier		50%
Assumed energy used		26875 watt
Energy cost		Rp.972/kWh
Robot Energy cost		<b>Rp.7.25625/sec</b>

Tabel 4.2

Estimasi Biaya Listrik pada Manual *Welding*.

<b>MANUAL</b>		
Part Name	Qty	W max
TIG welder	7	24000 watt
Total		168000 watt
Modifier		50%
Assumed energy used		84000 watt
Energy cost		Rp.972/kWh
Manual Energy cost		<b>Rp.22.683/sec</b>

Dapat diamati bahwa robot memerlukan energi total sebesar 53750 watt untuk beroperasi dengan tenaga maksimal, sedangkan manusia memerlukan energi sebesar 168000 watt untuk beroperasi dengan tenaga maksimal. Karena kedua metode sama-sama tidak menggunakan energi maksimal untuk beroperasi, diperlukan modifier sebesar 50% sesuai dengan cara produksi yang sudah dianggap optimal oleh departemen produksi.

Energi yang digunakan oleh manusia secara signifikan lebih besar bila dibandingkan dengan robot. Hal ini dapat terjadi dikarenakan satu lini produksi yang menggunakan manusia memerlukan 7 mesin las, sedangkan robot hanya memerlukan 3 perangkat yang berbeda.

#### **4.2.2 Penghitungan *labor cost***

Untuk melakukan kegiatan produksi, tentunya PT Inera Sena harus membayar gaji karyawan. Robot memerlukan satu operator untuk mengoperasikan dua meja. Untuk pengelasan manual, diperlukan 7 operator dalam sebuah line produksi supaya berjalan optimal. Gaji karyawan per bulan diasumsikan Rp.4,500,000 sesuai dengan UMK di Sidoarjo. Dapat diartikan, bahwa *labor cost* di PT Inera Sena adalah sebesar Rp.6 per detik.

#### **4.2.3 Estimasi *Cycle Time* dan *takt Time* Robot Welding**

*Cycle time* diukur menggunakan metode *snapback* dengan alat bantu stopwatch. Pengukuran dimulai ketika operator menekan tombol *start* hingga robot selesai mengerjakan pipa menjadi *frame*. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan durasi *material handling*.

Sampling dilakukan pada 5 model sepeda yang biasa diproduksi menggunakan robot sebanyak 5 kali tiap model, yang menghasilkan 25 sampel yang dapat mewakili *cycle time* dari total populasi robot. Dari hasil analisa sampel, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa *cycle time* produksi menggunakan robot adalah sebesar 214.72 detik dengan error sebesar 4.74 pada nilai signifikansi 95%.

Sama seperti penghitungan *cycle time*, *takt time* diukur dengan metode *snapback* dengan alat bantu *stopwatch*. Pengukuran dimulai ketika operator melakukan loading in pipa hingga operator selesai melakukan *loading out frame* depan. Hal ini dilakukan supaya durasi *material handling* termasuk pada penghitungan.

Sampling dilakukan pada 4 model sepeda yang biasa diproduksi menggunakan robot sebanyak 5 kali tiap model, yang menghasilkan 20 sampel yang dapat mewakili *takt time* dari total populasi robot. Dari hasil analisa sampel, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa *takt time* produksi menggunakan robot adalah sebesar 336.90 detik dengan error sebesar 8.64 pada nilai signifikansi 95%.

#### **4.2.4 Penentuan Standar *Cycle Time* dan *Takt Time* Manual Welding**

Pengambilan data *cycle time* pada manual *welding* cukup berbeda dengan pengambilan data pada *robot welding* karena lini produksi bersifat sequential. Pengukuran

*cycle time* dilakukan pada tiap stasiun kerja, sehingga totalnya ada 7 kali pengukuran. Pengukuran dilakukan pada 4 model sepeda dari jenis yang berbeda, yaitu *road bike*, *MTB*, *kids bike*, dan *e-bike*.

Pengukuran dimulai saat dari operator mulai mengerjakan *frame* sepeda hingga selesai mengerjakan *frame* sepeda. Stasiun kerja pertama memiliki *cycle time* sebesar 56.45 dengan *error* sebesar 3.3. Stasiun kerja kedua memiliki *cycle time* sebesar 55.50 dengan *error* sebesar 5.4. Stasiun kerja ketiga memiliki *cycle time* sebesar 55.45 dengan *error* sebesar 3.1, Stasiun kerja keempat memiliki *cycle time* sebesar 54.65 dengan *error* sebesar 4.88, Stasiun kerja kelima memiliki *cycle time* sebesar 52.90 dengan *error* sebesar 5.38, Stasiun kerja keenam memiliki *cycle time* sebesar 56.60 dengan *error* sebesar 4.62, Stasiun kerja ketujuh memiliki *cycle time* sebesar 54.15 dengan *error* sebesar 4.78. Semua standar *error* memiliki nilai signifikansi sebesar 95%.

Dengan menjumlahkan durasi pengukuran 7 stasiun tiap sampel, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa estimasi *cycle time* total adalah 385.70 detik dengan *error* sebesar 26.28 pada nilai signifikansi 95%. Nilai *error* tersebut sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh *staff* PPIC dan sudah bisa mewakili *cycle time* pada manual *welding*. Perlu diingat bahwa angka tersebut masih berupa *observed time*, bukan *standard time*. Perlu dilakukan penghitungan *normal time* dan *standard time*.

Untuk menghitung *normal time*, *observed time* perlu dikalikan dengan *performance rating* tiap pekerja. Pekerja memiliki *skill average* (D, +0) karena operator sudah memenuhi standar kerja tetapi tidak ditemukan adanya kemampuan operator yang diatas rata-rata, *effort good* (C2, +0.02) karena terlihat semangat kerja dan *morale* yang cukup baik dikalangan para pekerja, *condition fair* karena kondisi tempat kerja di departemen *welding* yang kurang nyaman (E, -0.03), dan *consistency good* (C, +0.01) karena hasil pekerjaan operator yang cukup baik dan konsisten. *Normal time* tidak mengalami perubahan dari *observed time* tidak mengalami perubahan, karena keempat faktor penentu *performance rating* memiliki total poin 0.

Untuk menghitung *standard time*, perlu ditambahkan pengali koefisien *allowance*. Operator diberikan *constant allowance* berupa *personal allowance* dan *basic fatigue allowance* sebesar 0.09, 0.02 karena operator berdiri, 0.01 karena operator membawa beban  $\pm$  10 pounds, 0.02 karena operator mengerjakan pengelasan yang cukup detail, 0.5 karena operator bekerja di area dengan suara yang sangat bising, dan 0.01 karena operator mengerjakan proses yang cukup kompleks. Maka total faktor pengali adalah 0.20 yang kemudian dikalikan dengan

normal cycle time sebesar 385.70 detik, yaitu 77.14 detik. Maka dari itu, standard cycle time dari pengelasan manual adalah

*Takt time* dapat didapatkan melalui stasiun dengan waktu ukur terlama tiap sampel dari 7 stasiun kerja. Dapat ditarik kesimpulan bahwa estimasi *takt time* adalah sebesar 62.95 detik dengan nilai *error* sebanyak 3.35 pada nilai signifikansi 95%. Dengan mengalikan dengan faktor pengali performance rating, dan kemudian dikalikan kembali dengan allowance, maka standard takt time adalah 75.54 detik.

#### 4.2.5 Penentuan BEP Metode Produksi Robot Welding

Untuk mencari perbedaan biaya produksi, maka perlu untuk menemukan model matematika dari biaya produksi untuk kedua metode produksi.

Untuk biaya produksi robot *welding*, dapat dimodelkan sebagai berikut.

$$\sum RC = J + n \times [(RobotEC \times RobotCT) + (LC \times RobotTT)]$$

$$\sum RC = 15000000 + n \times [(7.25625 \times 214.72) + (6 \times 336.90)]$$

$$\sum RC = 15000000 + (n \times 3583)$$

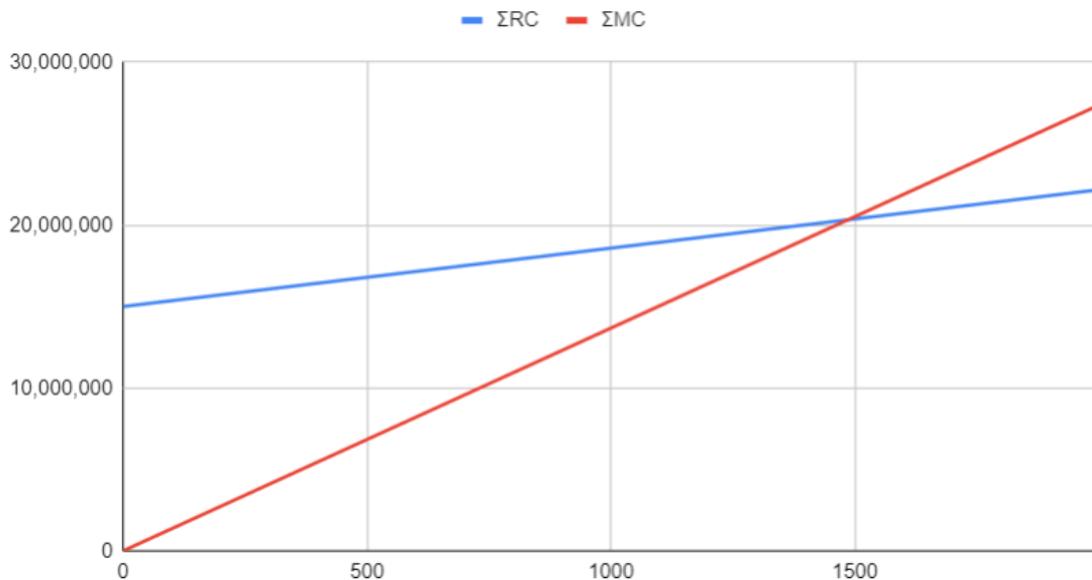
Untuk biaya produksi manual *welding*, dapat dimodelkan sebagai berikut.

$$\sum MC = n \times [(ManEC \times ManCT) + (7 \times LC \times ManTT)]$$

$$\sum MC = n \times [(22.68 \times 462.84) + (7 \times 6 \times 75.54)]$$

$$\sum MC = n \times 13677$$

Berdasarkan rumus dengan parameter yang sudah lengkap diatas, maka dapat ditemukan titik potong atau BEP dari kedua metode produksi yang ada pada Gambar 4.5.

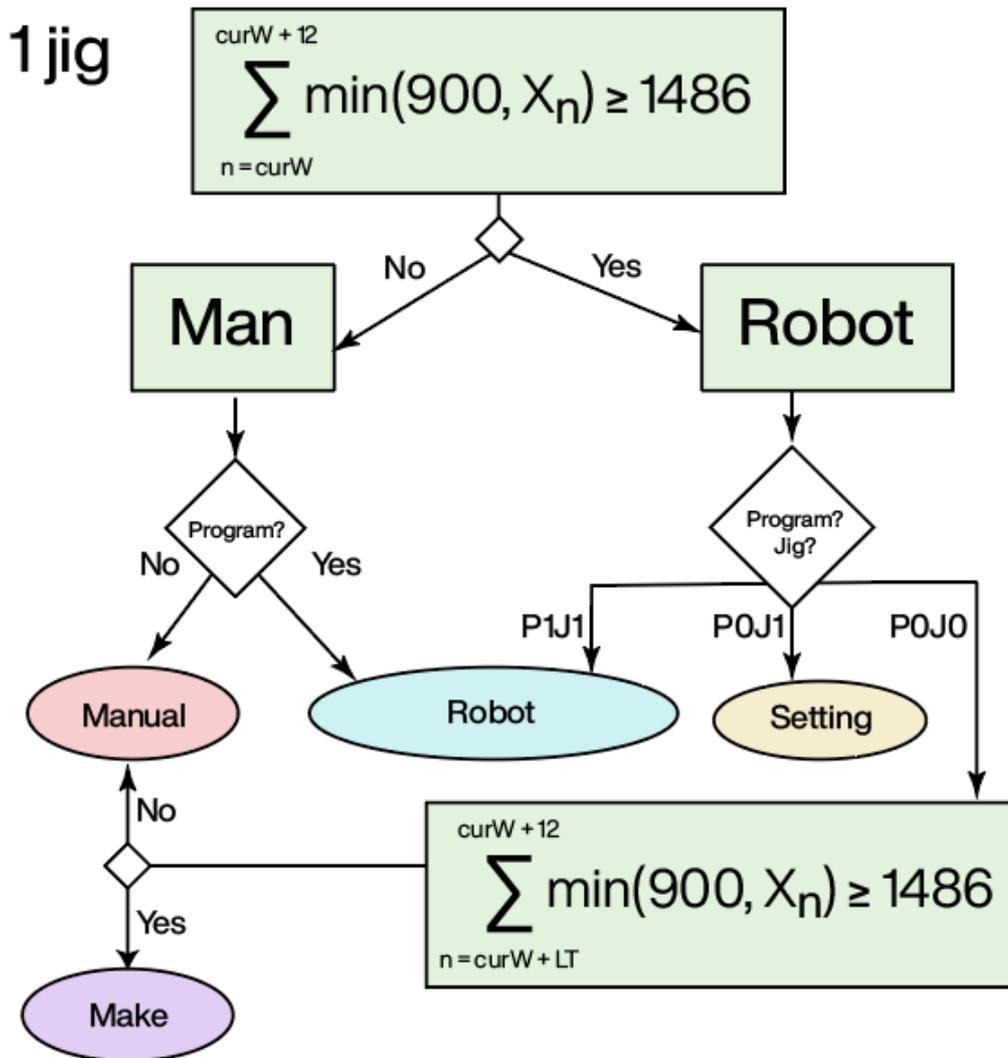


Gambar 4.5 Grafik BEP Produksi *Welding*

Terlihat pada Gambar 4.5 bahwa kedua garis bertemu di *quantity* 1486. Kesimpulannya adalah bila total *job* keseluruhan pada model sepeda tersebut melebihi 1486 frame, maka sepeda layak untuk diproduksi menggunakan robot *welding*. Dengan kata lain, pembuatan jig akan menguntungkan PT Inera Sena bila jig akan dipakai 1486 kali.

#### 4.3 Klasifikasi Job

PT Inera Sena menggunakan istilah *Job* untuk mendefinisikan pekerjaan yang harus dilakukan tiap minggunya. Dalam penelitian ini, data di dalam *job* yang penting digunakan adalah Nomor SPK (Surat Perintah Kerja), *Finished Week*, *Frame ID*, dan *Quantity*. Klasifikasi akan berfokus pada *Frame ID* dan *Quantity*. Tiap *job* pasti memiliki Nomor SPK yang unik. *Frame ID* akan mewakili model dan ukuran sepeda. Untuk proses pengambilan keputusan klasifikasi *job*, sebuah algoritma klasifikasi berdasarkan jumlah produksi dapat digunakan untuk memvisualisasikan algoritma yang digunakan untuk mengklasifikasikan *job* yang dapat diamati pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Visualisasi Algoritma Klasifikasi 1 jig

Pada cabang pertama, penentuan “yes” dan “no” dapat ditentukan dari jumlah job model sepeda tersebut yang harus diproduksi dari minggu ini, sampai 12 minggu kemudian, karena departemen PPIC hanya memiliki data yang dapat diakses selama 12 minggu kedepan. Hal ini dihitung untuk memastikan total model sepeda tersebut yang harus diproduksi diatas 1486. Akan tetapi, diperlukan fungsi minimum karena kapasitas produksi robot mingguan adalah sebanyak 900 *frame*. Contoh pengaplikasian fungsi minimum dapat dilihat di Tabel 4.3.

Tabel 4.3

Contoh Penggunaan Fungsi Minimum

	Week 1 ( $x_1$ )	Week 2 ( $x_2$ )	Week 3 ( $x_3$ )	$\Sigma$
Job Realita	500 <i>frame</i>	3500 <i>frame</i>	1200 <i>frame</i>	5200 <i>frame</i>
Job setelah fungsi minimum	500 <i>frame</i>	900 <i>frame</i>	900 <i>frame</i>	2300 <i>frame</i>

Dari uraian tersebut, berikut model matematika yang dapat digunakan.

$$\sum_{n=curW}^{curW+12} \min(900, x_n) \geq 1486$$

$curW$  = Current Week

$x_n$  = Jumlah *job* pada minggu ke-n

Bila *job* tersebut tidak memenuhi kriteria pengambilan keputusan pada cabang pertama (mendapatkan “no”), maka *job* tersebut dapat diproduksi menggunakan metode las manual. Bila *job* tersebut telah memenuhi kriteria pengambilan keputusan pada cabang pertama (mendapatkan “yes”), maka akan dilanjutkan ke cabang kriteria pengambilan keputusan kedua, yaitu bila *job* minggu ini berada dibawah 900, maka *job* bisa dilanjutkan ke cabang ketiga. Hal ini diperlukan karena kapasitas produksi robot adalah 900 *frame* per minggu. Bila *job* pada minggu tersebut berada diatas 900, maka kelebihan *job* dapat dimasukan kedalam proses pengelasan manual. Algoritma untuk dua, tiga, empat, lima, dan enam jig terdapat di lampiran dengan nilai yang berbeda.

Sampai diproses ini, sebenarnya metode produksi untuk *job* yang ada telah terklasifikasi dengan jelas. Akan tetapi, terdapat faktor penting yang harus diperhatikan, yaitu ketersediaan program dan jig. Program diperlukan sebagai perintah yang akan diikuti oleh robot selama pengelasan. Program berbentuk koordinat yang berbeda-beda antar satu model dan *size* sepeda dengan model dan *size* lainnya.

*Frame* yang diproduksi menggunakan las manual boleh diproduksi menggunakan robot selama program yang digunakan untuk pengelasan sudah tersedia. *Frame* yang bisa diproduksi oleh robot dan sudah memiliki program dapat langsung diproduksi menggunakan robot. *Frame*

yang dapat diproduksi menggunakan robot dan jignya sudah tersedia tetapi belum terprogram, dapat diproduksi menggunakan robot setelah robot diprogram (membutuhkan 3 hari).

*Job* yang dapat diproduksi menggunakan robot tetapi tidak memiliki jig tidak dapat diproduksi menggunakan robot karena robot tidak dapat beroperasi tanpa menggunakan jig yang berfungsi untuk menahan pipa yang akan dilas menjadi *frame* depan. Diperlukan waktu selama 4 minggu untuk memproduksi jig. Maka dari itu, diperlukan algoritma pengambilan keputusan untuk menentukan apakah jig untuk model sepeda tersebut layak untuk dibuat.

$$\sum_{n=curW+4}^{curW+12} \min(900, x_n) \geq 1486$$

Penambahan +4 digunakan untuk membatasi jumlah *job* yang harus dihitung. Bila minggu ini adalah minggu kesatu, maka jumlah *job* yang akan dihitung adalah *job* dari minggu kelima sampai minggu ketiga belas. Hal ini harus ditambahkan karena pada saat proses pembuatan jig, *frame* model tersebut tidak dapat diproduksi menggunakan jig tersebut.

Visualisasi algoritma pada Gambar 4.6 diatas dapat memberikan rekomendasi metode produksi dan penjadwalan *job* yang diharapkan dapat membantu *staff* PPIC dalam menjadwalkan produksi robot *welding*. Keempat jenis rekomendasi ini diantaranya Robot yang berarti produksi dapat menggunakan robot, *Setting* yang berarti diperlukan *setting* program pada robot dan jig sudah tersedia, Manual yang berarti jig sudah tersedia dan dapat diprogram, dan Make yang berarti jig dapat diproduksi dan digunakan secepat mungkin.

#### 4.4 Penjadwalan Produksi pada Robot Welding

Setelah mendapatkan data *job* hasil klasifikasi, hal pertama yang dilakukan adalah menghitung jumlah *job* dan memilah berdasarkan nomor SPK pada *frame* yang dapat diproduksi oleh masing-masing *meja*. Agar lebih mudah dimengerti, berikut adalah contoh *input* dan *output* dari langkah pertama yang dapat diamati pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4

Contoh Input Berisi Job yang Telah Terklasifikasi

SPK	Frame ID	Item Description	Qty
11044040	Frame ID A	Model A	104 <i>frame</i>
11044088	Frame ID B	Model B	124 <i>frame</i>
11044087	Frame ID B	Model B	357 <i>frame</i>
11044086	Frame ID B	Model B	575 <i>frame</i>
11044029	Frame ID C	Model C	500 <i>frame</i>
11044030	Frame ID C	Model C	500 <i>frame</i>
11044031	Frame ID C	Model C	500 <i>frame</i>
11044036	Frame ID D	Model D	500 <i>frame</i>
11044037	Frame ID D	Model D	500 <i>frame</i>
11044038	Frame ID D	Model D	700 <i>frame</i>
11044035	Frame ID E	Model E	150 <i>frame</i>
11044034	Frame ID F	Model F	500 <i>frame</i>
11044033	Frame ID G	Model G	100 <i>frame</i>
11044032	Frame ID G	Model G	300 <i>frame</i>
11044111	Frame ID H	Model H	125 <i>frame</i>
11044024	Frame ID I	Model I	50 <i>frame</i>
11044025	Frame ID I	Model I	200 <i>frame</i>

Setelah mendapatkan data diatas yang tertera pada tabel 4.4, *staff* PPIC akan membuat tabel baru yang berisi tiap *Frame ID* dan *Quantity* yang dapat diproduksi oleh tiap *meja*. Contoh tabel baru dapat diamati di tabel 4.5.

Tabel 4.5

Contoh Frame ID dan Quantity yang Dapat Diproduksi oleh Tiap *meja*

meja	meja 1.1	meja 1.2	meja 2.1	meja 2.2	meja 3.1	meja 3.2
Total	400 <i>frame</i>	1500 <i>frame</i>	1556 <i>frame</i>	3031 <i>frame</i>	#N/A	979 <i>frame</i>
Frame ID A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	104
Frame ID B	#N/A	#N/A	1056 <i>frame</i>	1056 <i>frame</i>	#N/A	#N/A
Frame ID C	#N/A	1500 <i>frame</i>	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Frame ID D	#N/A	#N/A	#N/A	1700 <i>frame</i>	#N/A	#N/A
Frame ID E	#N/A	#N/A	#N/A	150 <i>frame</i>	#N/A	#N/A
Frame ID F	#N/A	#N/A	500 <i>frame</i>	#N/A	#N/A	500 <i>frame</i>
Frame ID G	400 <i>frame</i>	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Frame ID H	#N/A	#N/A	#N/A	125 <i>frame</i>	#N/A	125 <i>frame</i>
Frame ID I	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	250 <i>frame</i>

*Frame ID A* bisa dikerjakan di *meja 3.2*, *Frame ID B* bisa dikerjakan di *meja 2.1* dan *2.2*, *Frame ID C* bisa dikerjakan di *meja 1.2*, dan seterusnya. *meja 1.1* totalnya bisa mengerjakan 400 *frame*, *meja 1.2* bisa mengerjakan 1500, *meja 2.1* bisa mengerjakan 1556, dan seterusnya.

Berikutnya, *staff PPIC* akan mulai membagikan *job* pada tiap *meja* untuk diproduksi. Pembagian *job* ini menggunakan algoritma heuristik *greedy*, yaitu pendekatan yang memilih langkah terbaik pada setiap langkahnya berdasarkan informasi yang tersedia pada saat itu, tanpa mempertimbangkan konsekuensi jangka panjang. Pada setiap langkah, algoritma *greedy* memilih opsi yang dianggap paling menguntungkan secara lokal, tanpa memperhatikan dampaknya secara global. Walaupun algoritma *greedy* tidak menjamin solusi optimal pendekatan ini dapat memberikan solusi yang cukup baik dan cukup efisien.

Departemen *PPIC* di *PT Inera Sena* menggunakan algoritma heuristik *greedy*, dimana *meja* yang memiliki kemampuan produksi paling sedikit akan menjadi prioritas. Hal ini dilakukan agar *frame* yang dapat diproduksi di *meja* lain akan diproduksi terlebih dahulu oleh *meja* dengan kemampuan paling sedikit. Urutan produksi per *meja* memprioritaskan model *frame* sepeda dengan *Quantity* terbesar. Pada tabel 4.6, terdapat nomor SPK 11044086,

11044087, dan 11044088 yang merupakan sepeda dengan model *Frame* ID B. *Frame* tersebut dapat dikerjakan di *meja* 2.1 dan *meja* 2.2. *Frame* ID B dikerjakan di *meja* 2.1 karena memiliki beban produksi yang lebih kecil dari pada *meja* 2.2. Pada tabel 4.7 juga dijelaskan contoh hasil penjadwalan satu minggu.

Tabel 4.6

Contoh Hasil Pembagian Job pada Tiap Meja

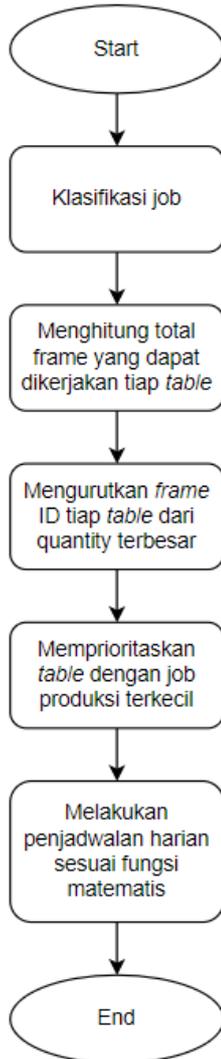
1.1		1.2		2.1		2.2		3.1		3.2	
SPK	QTY	SPK	QTY	SPK	QTY	SPK	QTY	SPK	QTY	SPK	QTY
11044032	300	11044029	500	11044086	575	11044036	500			11044034	500
11044033	100	11044030	500	11044087	357	11044037	500			11044025	200
		11044031	500	11044088	124	11044038	700			11044024	50
						11044035	150			11044111	125
										11044040	104

Tabel 4.7

Contoh Hasil Penjadwalan Job Selama Satu Minggu (Z=106)

Day	1.1			1.2			2.1			2.2			3.1			3.2		
	FrameID	Qty	SPK	FrameID	Qty	SPK	FrameID	Qty	SPK	FrameID	Qty	SPK	FrameID	Qty	SPK	FrameID	Qty	SPK
1	FRUIS27APLXT29	50	31 (11044020)	FRUIS27APLCC21	35	31 (11044014)	FRUIS27APLCC23	135	31 (11044015)	FRUIS27AREDT04	17	31 (11043994)	FRUIS26AMTBA7801	150	31 (11043982)	FRUIS28ACMDG05	74	31 (11043897)
	FRUIS27AREDT03	44	31 (11043995)	FRUIS27AREDT05	75	31 (11043993)	FRUIS26ALVNA03	15	32 (11044086)	FRUIS27ACRVN14	133	32 (11044035)				FRUIS28ACMDG05	40	31 (11043928)
	Cij	150		Cij	110		Cij	150		Cij	150		Cij	150		Cij	150	
	Cij - ΣPij	56		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	-36	
2	Setting FRUIS27ACRVN16			FRUIS27AREDT05	100	31 (11043993)	FRUIS26ALVNA03	150	32 (11044086)	FRUIS27ACRVN14	17	32 (11044035)	FRUIS26AMTBA7801	135	31 (11043982)	FRUIS27ACRVN15	150	32 (11044034)
									FRUIS27ACRVN12	133	32 (11044036)	FRUIS26AMTBA7801	15	31 (11043981)				
	Cij	0		Cij	100		Cij	150		Cij	150		Cij	150		Cij	150	
	Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0	
3	Setting FRUIS27ACRVN16			FRUIS27AREDT05	42	31 (11043993)	FRUIS26ALVNA03	150	32 (11044086)	FRUIS27ACRVN12	150	32 (11044036)	FRUIS26AMTBA7801	135	31 (11043981)	FRUIS27ACRVN15	150	32 (11044034)
				FRUIS26AMTB18401	58	32 (11044029)							FRUIS26AMTBA7801	15	31 (11043980)			
	Cij	0		Cij	100		Cij	150		Cij	150		Cij	150		Cij	150	
	Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0	
4	Setting FRUIS27ACRVN16			FRUIS26AMTB18401	100	32 (11044029)	FRUIS26ALVNA03	150	32 (11044086)	FRUIS27ACRVN12	150	32 (11044036)	FRUIS26AMTBA7801	150	31 (11043980)	FRUIS27ACRVN15	150	32 (11044034)
	Cij	150		Cij	100		Cij	150		Cij	150		Cij	150		Cij	150	
	Cij - ΣPij	-150		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0	
5	FRUIS27ACRVN16	100	32 (11044033)	FRUIS26AMTB18401	150	32 (11044029)	FRUIS26ALVNA03	110	32 (11044086)	FRUIS27ACRVN12	67	32 (11044036)	FRUIS26AMTBA7801	65	31 (11043980)	FRUIS27ACRVN15	50	32 (11044034)
	FRUIS27ACRVN16	50	32 (11044032)				FRUIS26ALVNA03	40	32 (11044087)	FRUIS27ACRVN12	83	32 (11044037)			FRUIS28ACMDG05	100	32 (11044025)	
	Cij	150		Cij	150		Cij	150		Cij	150		Cij	150		Cij	150	
	Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	-85		Cij - ΣPij	0	
6	FRUIS27ACRVN16	150	32 (11044032)	FRUIS26AMTB18401	150	32 (11044029)	FRUIS26ALVNA03	150	32 (11044087)	FRUIS27ACRVN12	150	32 (11044037)	Setting FRUIS27ACRVN11			FRUIS28ACMDG05	100	32 (11044025)
	Cij	150		Cij	150		Cij	150		Cij	150		Cij	0		Cij	100	
	Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0	
7	FRUIS27ACRVN16	100	32 (11044032)	FRUIS26AMTB18401	42	32 (11044029)	FRUIS26ALVNA03	150	32 (11044087)	FRUIS27ACRVN12	150	32 (11044037)	Setting FRUIS27ACRVN11			FRUIS28ACMDG05	50	32 (11044024)
				FRUIS26AMTB18401	108	32 (11044030)									FRUIS26AKNLN04	50	32 (11044040)	
	Cij	150		Cij	150		Cij	150		Cij	150		Cij	0		Cij	100	
	Cij - ΣPij	50		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0		Cij - ΣPij	0	

Berikut adalah *flowchart* berisi ringkasan proses penjadwalan secara manual yang dilakukan oleh staff PT Inera Sena pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 *Flowchart* Proses Penjadwalan

#### 4.4.1 Potensi Penghematan Penggunaan Algoritma Klasifikasi

Sebelumnya, klasifikasi metode produksi untuk *job* mingguan dilakukan tanpa menggunakan data yang ada. Bila *job* cukup besar, maka robot dipilih sebagai metode produksi. Karena sudah metode klasifikasi berdasarkan estimasi biaya produksi, maka klasifikasi ini dapat digunakan sebagai acuan yang lebih baik oleh *staff* PPIC. Untuk memverifikasi dan memvalidasi, data produksi di minggu 31 tahun 2022 sampai minggu 38 tahun 2022 dapat dijadikan contoh untuk membuktikan bahwa metode klasifikasi yang telah disusun dapat menambah utilitas

robot *welding*. Berikut adalah statistik perbandingan penjadwalan lama dengan penjadwalan baru pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8

Perbandingan Total Produksi Mingguan pada Data Historis.

Week	Old	New
w31	2948 frame	3418 frame
w32	5685 frame	5877 frame
w33	5021 frame	4988 frame
w34	3204 frame	4118 frame
w35	3215 frame	3052 frame
w36	5659 frame	6530 frame
w37	3309 frame	3798 frame
w38	4801 frame	5346 frame

Berdasarkan data tersebut, dilakukan uji *paired t-test* untuk mengetahui apakah penjadwalan yang baru memungkinkan robot *welding* untuk memproduksi lebih banyak sepeda.  $H_0$  yang digunakan adalah  $\mu_{\text{difference}} = 0$  dan  $H_1$  adalah  $\mu_{\text{difference}} < 0$  dengan nilai signifikansi 95.0. Berdasarkan hasil uji *paired t-test*, maka terbukti bahwa metode penjadwalan yang baru mampu memproduksi lebih banyak sepeda secara signifikan. Pada tabel 4.9, terdapat statistik pada variabel yang dapat dijadikan parameter pembanding untuk mengetahui estimasi penghematan yang dapat dilakukan oleh PT Inera Sena bila melakukan penjadwalan dengan klasifikasi sepeda yang diberikan.

Tabel 4.9

Perbandingan  $C_{ij}$  pada Penjadwalan Hasil Klasifikasi dengan Data Historis.

Variabel	Old	New
Sample Size	8 (w31-w38)	8 (w31-w38)
Total Idle	2470 <i>frame</i>	726 <i>frame</i>
Total Program	12 kali	8 kali
Mean Idle	7.35 <i>frame</i>	2.14 <i>frame</i>
Mean Program	1.5 kali	1 kali

Pemrograman sepeda baru membutuhkan waktu selama 3 hari. *meja* yang sedang diprogram tidak dapat dioperasikan, dan kapasitas *meja* paralel (dengan arm yang sama) berkurang sebanyak 50 *frame* karena arm yang sama digunakan untuk men-*setting* meja tersebut. Maka, satu model sepeda yang diprogram kedalam robot mengorbankan 150 (kapasitas produksi per hari) ditambah 50 (kapasitas produksi meja paralel), lalu dikali 3 (jumlah hari produksi yang dibutuhkan), yaitu sebanyak 600 *frame*.

Dapat diamati bahwa jumlah penjadwalan program mengalami penurunan sebesar 0.5 per minggu. Jumlah tersebut dikalikan dengan 600 *frame* untuk mengetahui berapa rata-rata kenaikan utilitas dalam seminggu. Sehingga didapatkan penambahan utilitas sebanyak 300 *frame* hanya dengan mengurangi jumlah model sepeda yang harus diprogram ke dalam robot.

Pada tabel 4.9 terdapat *idle*, yaitu hasil pengurangan antara kapasitas produksi dan jumlah *frame* yang diproduksi. Total *idle* selama 8 minggu adalah 2470 untuk penjadwalan yang lama, dan 648 untuk penjadwalan yang baru. *Idle* dapat disebabkan oleh minimnya job yang tersedia. Jumlah *idle* dari penjadwalan yang lama dan yang baru berbeda secara signifikan, yaitu sebanyak 1822 *frame*. Hal ini dikarenakan penjadwalan yang baru telah menggunakan metode klasifikasi yang baru. Hal ini membuktikan bahwa metode klasifikasi yang diusulkan sudah terverifikasi dan tervalidasi.

Jumlah peningkatan utilitas yang telah dibahas di atas ditambahkan dengan 5.21, yaitu hasil pengurangan antara rata-rata *idle* tiap minggu. Kesimpulannya, PT Inera Sena dapat menambah utilitas robot sebanyak 305.21 *frame* dalam seminggu, atau 15870 *frame* dalam setahun. Dengan biaya produksi per *frame* menggunakan robot sebesar Rp.10094.

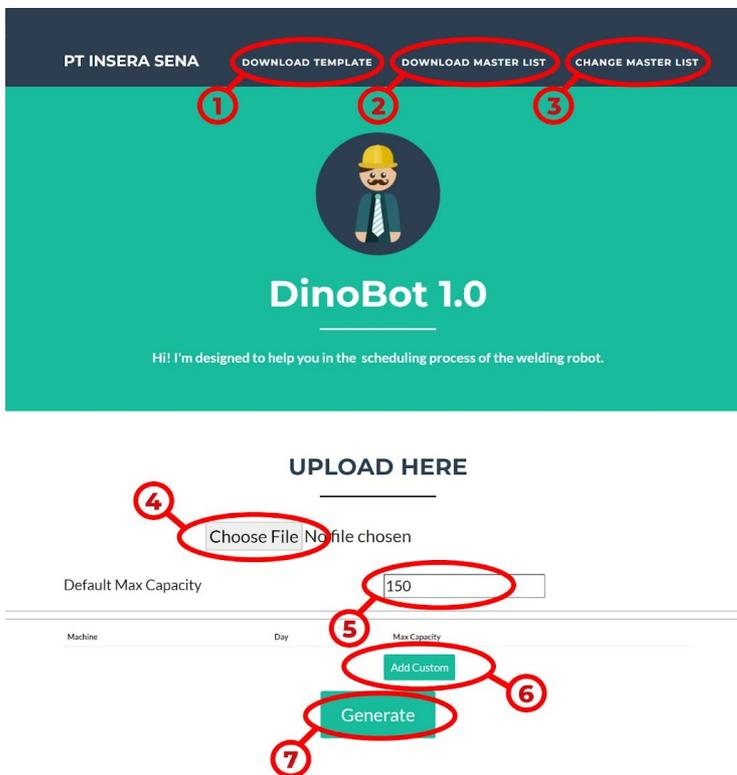
*Energy cost* untuk melakukan setting adalah Rp.1,558 per *frame*. Bila *setting* harus mengurangi utilitas robot sebanyak 600 *frame*, dan pengurangan *setting* per minggunya adalah 0.5, maka jumlah *frame* yang seharusnya dapat diproduksi adalah 15600 *frame*. Maka, penghematan yang dapat dilakukan dari *energy cost* pada saat setting adalah Rp.24305767. Biaya labor cost selama 3 hari untuk seorang programer robot adalah Rp.519231, atau Rp.13500000 per tahun. Jadi, PT Insera Sena berpotensi untuk menghemat biaya produksi sebesar Rp.197,994,643 per tahunnya.

#### 4.5 Otomasi Proses Penjadwalan

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, proses penjadwalan robot *welding* yang dilakukan di PT Insera Sena memiliki langkah kerja yang relatif panjang yang membutuhkan waktu yang cukup lama dan terdapat banyak potensi terjadi kesalahan. Maka dari itu, proses diatas dapat diotomasi.

##### 4.5.1 User Interface

Berikut adalah *User Interface* dari aplikasi yang telah dirancang pada Gambar 4.8. Kode pemrograman terletak pada lampiran 1.



Gambar 4.8 *User Interface* Alat Bantu Penjadwalan

- 1) *Download Template* berfungsi untuk mengunduh *template* yang dapat diisi dengan job yang telah terklasifikasi. Menu ini adalah *input* utama pada *tools* yang telah disusun. *Template* berupa tabel dalam *file extension* .xlsx yang dapat dibuka dengan aplikasi *spreadsheet* seperti *Microsoft Excel* dan *Google Sheets*. Gambar 4.9 adalah tampilan *template* yang dapat diunduh.
- 2) *Download Master List* berfungsi untuk mengunduh tabel kemampuan produksi model sepeda tiap *meja*. Tabel ini dapat diubah dan ditambahkan model sepeda yang akan diprogram. Data ini memiliki *extension* .xlsx yang dapat dibuka dengan aplikasi *spreadsheet* seperti *Microsoft Excel* dan *Google Sheets*. Berikut adalah tampilan data yang dapat diunduh pada Gambar 4.10.
- 3) *Change Master List* berfungsi untuk mengunggah data kemampuan produksi model sepeda tiap *meja* yang paling baru. Menu ini hanya menerima file dengan *format* yang sesuai dengan file yang telah diunduh di menu *download master list* (2) dengan *extension* .xlsx. Kode Pemrograman terletak pada lampiran 2.
- 4) *Choose File* memungkinkan staf PPIC untuk mengunggah daftar job yang akan dijadwalkan untuk diproduksi menggunakan robot. *File* yang diunggah harus menggunakan *extension* .xlsx dan sesuai dengan *template* yang sebelumnya sudah disediakan dan dapat diunduh. Berikut adalah contoh *file* yang dapat diupload pada Gambar 4.11.
- 5) *Default Max Capacity* digunakan untuk mengatur kapasitas maksimal tiap hari dan tiap *meja*. Menu ini penting karena jumlah produksi maksimum harian dapat berbeda-beda tiap minggunya sesuai dengan kondisi yang ada di departemen *welding*.
- 6) *Add Custom* digunakan untuk mengubah kapasitas hari tertentu pada *meja* tertentu. Menu ini akan dipakai bila akan dilakukan pemrograman sepeda model baru pada *meja* tertentu. Berikut adalah perubahan yang akan terjadi pada *user interface* saat tombol *add custom* ditekan pada Gambar 4.12.
- 7) *Generate* berfungsi untuk melakukan penjadwalan secara otomatis berdasarkan data-data yang telah diunggah sebelumnya kedalam alat bantu penjadwalan. *Output* yang dihasilkan adalah jadwal tiap *meja* dalam *extension* .xlsx dengan *meja* yang berbeda pada setiap *sheet*. Berikut adalah contoh pada Gambar 4.13 dan 4.14 yang merupakan *output* dari alat bantu yang telah dirancang.

	A	B	C	D
1	<b>JobNo</b>	<b>Material</b>	<b>MaterialDesc.</b>	<b>PresentJob</b>
2	1111	FRUISXXXXXX	Sepeda Ontel Mas Dino	100
3				
4				
5				
6				
7				

Gambar 4.9 Template yang Dapat Diunduh

	A	B	C	D	E	F
1	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2
2	FRUIS27APLCC23	FRUIS27APLCC21	FRUIS27APLCC23	FRUIS27APLCC23	FRUIS27APLCC23	FRUIS27ACRVN15
3	FRUIS27APLPM26	FRUIS27APLPM26	FRUIS26ALVNA03	FRUIS26ALVNA03	FRUIS27ACRVN13	FRUIS27ACRVN13
4	FRUIS27ACRVN13	FRUIS27ACRVN13	FRUIS27APLPM26	FRUIS27ACRVN14	FRUIS27AREDT03	FRUIS27AREDT02
5	FRUIS24APLRL05	FRUIS26APLMN10	FRUIS27APLPM27	FRUIS27AREDT04	FRUIS27AREDT02	FRUIS27APLXT31
6	FRUIS27AREDT03	FRUIS27AREDT03	FRUIS27ACRVN15	FRUIS27APLXT31	FRUIS27AREDT04	FRUIS29AMRBT22
7	FRUIS27AREDT02	FRUIS27AREDT04	FRUIS26APLMN10	FRUIS28AMRB50901	FRUIS29AMRBT21	FRUIS29APLXT15
8	FRUIS27APLXT29	FRUIS29APLXT16	FRUIS24APLRL05	FRUIS28AMOT18101	FRUIS28AMRB51001	FRUIS28AXLAX08
9	FRUIS28AMOT18101	FRUIS26AMTB18401	FRUIS29AMRBT22	FRUIS26AMTBA7801	FRUIS26AMTBA7801	FRUIS28AXLAX07
10	FRUIS20APLRL04	FRUIS20APLRL04	FRUIS27AREDT01	FRUIS27ACRVN12	FRUIS29AKNMH03	FRUIS29AKNMH02
11	FRUIS28AXLAX06	FRUIS28AXLAX07	FRUIS27AKNLN16	FRUIS28AXLAX08	FRUIS27ACRVN11	FRUIS26AKNLN04
12	FRUIS29AKNMH02	FRUIS27AREDT05	FRUIS20AMOTA2701	FRUIS26AREDT01	FRUIS27AMTBC0701	FRUIS29AMRBR05
13	FRUIS29APLPM08	FRUIS27AMTBA0401	FRUIS29ANMTB08	FRUIS29AKNMH01		FRUIS28ACMDG05
14	FRUIS27ACRVN16	FRUIS27AMTBC0601		FRUIS28AMRB50901		FRUIS27AKNLN15
15	FRUIS27AMTBA0501	FRUIS27AKNLN15				
16		FRUIS29APLPM08				
17		FRUIS29AMTBA4901				
18		FRUIS29ANMTB07				
19						

Gambar 4.10 Data Kemampuan Produksi Tlap meja

	A	B	C	D
1	<b>JobNo</b>	<b>Material</b>	<b>MaterialDesc.</b>	<b>PresentJob</b>
2	11043897	FRUIS28ACMDG05		200
3	11043925	FRUIS29AMRBT22		85
4	11043926	FRUIS29AMRBT21		105
5	11043928	FRUIS29AMRBR05		20
6	11043929	FRUIS29AMRBR05		40
7	11043972	FRUIS20APLRL04		100
8	11043973	FRUIS20APLRL04		50
9	11043977	FRUIS26ALVNA03		500
10	11043980	FRUIS26AMTBA7801		230
11	11043981	FRUIS26AMTBA7801		150
12	11043982	FRUIS26AMTBA7801		800
13	11043993	FRUIS27AREDT05		217
14	11043994	FRUIS27AREDT04		32
15	11043995	FRUIS27AREDT03		44
16	11044014	FRUIS27APLCC21		35
17	11044015	FRUIS27APLCC23		390
18	11044020	FRUIS27APLXT29		50
19	11044021	FRUIS27APLXT31	FRM AL POL TA XTRADA 5-6 650BX17 D QR	250

Gambar 4.11 Contoh file yang Dapat Diunggah

**PT INSERA SENA** 
[DOWNLOAD TEMPLATE](#)
[DOWNLOAD MASTER LIST](#)
[CHANGE MASTER LIST](#)

Default Max Capacity

---

Machine	Day	Max Capacity
Machine 1.1	1	0
Machine 1.1	2	0
Machine 1.1	3	0
Machine 1.2	1	100
Machine 1.2	2	100
Machine 1.2	3	100

Add Custom  
Generate

Gambar 4.12 Contoh Penggunaan Menu *Add Custom*

	A	B	C	D	E
	Day	Job_No	Material	Material_Desc	Job
2	1	-	-	-	0
3	2	-	-	-	0
4	3	-	-	-	0
5	4	11044015	FRUIS27APLCC23	FRM AL	100
6	5	11044015	FRUIS27APLCC23	FRM AL	100
7	6	11044015	FRUIS27APLCC23	FRM AL	100
8	7	11044015	FRUIS27APLCC23	FRM AL	90
9	7	11044020	FRUIS27APLXT29	FRM AL	10
10	8	11044020	FRUIS27APLXT29	FRM AL	40

Gambar 4.13 Contoh Output pada *meja 1.1*

	A	B	C	D	E
	Day	Job_No	Material	Material_Desc	Job
2	1	11044021	FRUIS27APLXT31	FRM AL	100
3	2	11044021	FRUIS27APLXT31	FRM AL	100
4	3	11044021	FRUIS27APLXT31	FRM AL	50
5	3	11043897	FRUIS28ACMDG05	FRM AL	50
6	4	11043897	FRUIS28ACMDG05	FRM AL	100
7	5	-	-	-	0
8	6	11043897	FRUIS28ACMDG05	FRM AL	50
9	6	11043929	FRUIS29AMRBR05	FRM AL	40
10	6	11043928	FRUIS29AMRBR05	FRM AL	10
11	7	11043928	FRUIS29AMRBR05	FRM AL	10

Gambar 4.14 Contoh Output pada *meja 3.2*

#### 4.5.2 Flowchart Proses Penjadwalan Setelah Pembuatan Alat Bantu



Gambar 4.15 *Flowchart* Proses Penjadwalan Robot *Welding* dengan Alat Bantu

Dari *flowchart* diatas, terlihat bahwa proses penjadwalan lebih sederhana dan pendek. Staf hanya perlu mengklasifikasikan job yang sudah ada, lalu mengunggah *file* yang sesuai dengan *template* yang telah disediakan. Setelah itu, staf tinggal mengecek ulang hasil penjadwalan yang ada. Proses yang panjang adalah *waste*, dan proses yang panjang dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya kesalahan. Alat bantu ini diharapkan dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan dan mempercepat proses penjadwalan yang memakan waktu sangat panjang.