

RESEARCH ARTICLE

## Perancangan Dan Fabrikasi *Fixture* Menggunakan Metode *Single Minute Exchange Of Die* Untuk Mengurangi Waktu *Setup* Pada Operasi 0300 *Joining Part*

Bagus Rahadian, Dida Diah Damayanti\* and Rino Andias Anugraha

Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom, Bandung, 40257, Jawa Barat, Indonesia  
\*Corresponding author: [didadiah@telkomuniversity.ac.id](mailto:didadiah@telkomuniversity.ac.id)

### Abstrak

Waktu *setup* adalah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan persiapan operasi kerja. Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan *setup* mesin yaitu kemampuan dan pengalaman operator, ketersediaan alat-alat *setup*, konfigurasi mesin, dan routing mesin. Pada DM2000 di PT. Dirgantara Indonesia terjadi perubahan routing mesin pada operasi 0300 *Joining Part*. Hal tersebut menyebabkan waktu *setup* mengambil 13% dari keseluruhan waktu Operasi 0300. Pada kondisi saat ini PT. Dirgantara Indonesia telah menerapkan *work cell* namun untuk memaksimalkan dan mengatasi permasalahan yang terjadi maka pada tugas akhir ini akan menggunakan metode *Single Minute Exchange of Die*. Selanjutnya akan digunakan metode generasi konsep dan seleksi konsep. Hasil pengujian dari hasil rancangan menunjukkan waktu *setup* menjadi 1 menit 53 detik atau peningkatan menjadi 2,16% dari total waktu Operasi 0300 *Joining Part*. Solusi yang telah diberikan dapat menambah waktu produktif perusahaan dengan cara mempersingkat waktu siklus operasi, sehingga dapat mendorong produktivitas dan utilisasi mesin pada perusahaan.

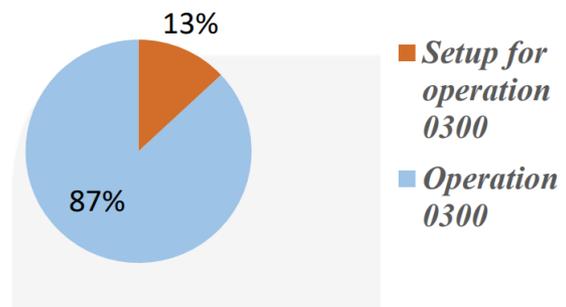
**Key words:** Waktu *Setup*, *Lean Manufacturing*, SMED, Perancangan *Fixture*

### Pendahuluan

Waktu *setup* adalah waktu persiapan yang dibutuhkan untuk melakukan operasi kerja. Produksi dalam jumlah yang kecil memiliki banyak manfaat positif yaitu meminimasi penyimpanan dan perusahaan dapat dengan cepat merespon perubahan permintaan [5]. Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan *setup* mesin yaitu kemampuan dan pengalaman operator, ketersediaan alat-alat *setup*, konfigurasi mesin, dan routing mesin. Perubahan routing mesin mempengaruhi kecepatan waktu *setup* karena peralatan yang dibutuhkan untuk *setup* setiap mesin berbedabeda. Pada DM2000 di PT. Dirgantara Indonesia terjadi hal serupa yaitu perubahan routing mesin pada Operasi 0300 *Joining Part*. Hal tersebut menyebabkan waktu *setup* mengambil 13% dari keseluruhan waktu operasi 0300.

Berdasarkan Gambar 1, menunjukkan bahwa nilai P lebih kecil daripada taraf signifikansi yang telah ditentukan yaitu 5% sehingga waktu *setup* tersebut signifikan terhadap waktu operasi. Waktu *setup* merupakan aktivitas yang tidak bernilai tambah namun harus dilakukan. Aktivitas yang tidak bernilai tambah namun harus dilakukan bisa terjadi karena kondisi yang ada saat ini [2]. Sehingga perlu dilakukan identifikasi akar penyebab masalah waktu *setup* yang besar yang menyebabkan adanya aktivitas yang tidak bernilai tambah namun harus dilakukan, diidentifikasi menggunakan *fishbone* diagram. Pem-

### Operasi 0300 *Joining Part*



Gambar 1. Presentase pembagian waktu Operasi 0300 *Joining Part*

borosan waktu yang terjadi tidak memberikan nilai tambah apapun dari sudut pandang konsumen. Oleh karena itu, menjadikan alasan bahwa aktivitas yang berhubungan dengan pemborosan waktu *setup* perlu dikurangi. Hal tersebut sejalan dengan prinsip *lean manufacture*.

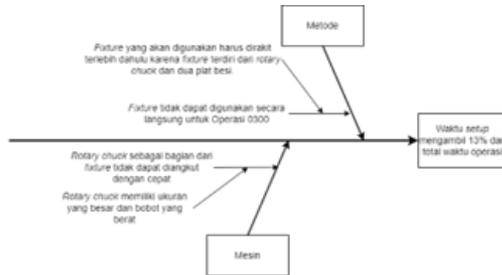
Anova: Single Factor

SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Varianse	
Operation Time	23	5241	227,8695652	158,20949	
Setup Time	23	785	34,13043478	26,792_391	

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	431650,8	1	431650,783	32,033	0,000	4,062
Within Groups	592913,2	44	13475,300			
Total	1024564	45				

Gambar 2. Uji Anova



Gambar 3. Diagram Tulang Ikan

Pemborosan tidak menambah nilai dari perspektif konsumen, maka pemborosan perlu dikurangi dan dihilangkan [7].

## Tinjauan Pustaka

### Lean Manufacturing

Lean manufacturing dapat didefinisikan sebagai kemampuan sistem manufaktur untuk memastikan proses berjalan lancar, mengeliminasi pemborosan, dan menambah nilai [7]. Sistem lean terdiri dari serangkaian elemen, alat atau teknik, dan peraturan untuk meningkatkan kinerja perusahaan [7]. Elemen tersebut adalah nilai pelanggan, aliran nilai, permintaan pelanggan, dan penyempurnaan dengan perbaikan berkelanjutan [1]. Dalam aliran nilai terdapat tiga aktivitas yang sering terjadi yaitu:

1. Value-Added (VA), aktivitas ini dilakukan untuk memenuhi permintaan pelanggan dan memastikan kualitas atau performa produk.
2. Necessary but Non-Value-Added (NNVA), aktivitas ini dilakukan dalam proses karena terdapat peraturan atau prosedur dan regulasi dari pemerintah yang perlu dilakukan.
3. Non-Value-Added (NVA), aktivitas ini tidak memberikan nilai tambah apapun.

### Kategori pemborosan

Terdapat tujuh fundamental kategori pemborosan yaitu [7]:

1. Transportasi, pemborosan ini berkaitan dengan pemindahan material atau penanganan material.
2. Penyimpanan, Pemborosan ini terkait dengan penyimpanan persediaan seperti penyimpanan bahan baku yang tidak perlu, barang dalam proses (WIP), barang jadi, dan persediaan.
3. Gerakan, pemborosan ini berupa pergerakan pekerja yang tidak memberikan nilai tambah.
4. Menunggu, pemborosan ini berkaitan dengan kelancaran aliran kerja.
5. Kelebihan Produksi, pemborosan ini berbentuk produksi yang melebihi pesanan pelanggan atau lebih awal dari waktu yang ditentukan.

6. Proses Berlebihan, pemborosan ini terkait dengan pekerjaan yang dilakukan tetapi tidak memiliki nilai tambah.
7. Cacat, pemborosan ini dapat terjadi karena kondisi produk rusak atau terdapat kesalahan selama proses produksi berlangsung.

### Alat Lean Manufacturing

Alat lean manufacturing terbagi kedalam dua kelompok yaitu alat dasar lean dan alat pendukung lean [7]. Terdapat empat alat dasar lean yaitu:

1. 5 S, merupakan alat dasar yang terdiri lima elemen yaitu seiri (menyortir), seiton (mengurutkan), seiso (membersihkan), seiketsu (menstandarkan), dan shitsuke (mempertahankan).
2. Total Productive Maintenance (TPM), merupakan alat yang digunakan untuk mengeliminasi kerugian yang berkaitan dalam manufaktur untuk meningkatkan efektivitas produksi [3].
3. Value Stream Mapping (VSM), merupakan alat yang memetakan proses dengan menunjukkan langkah-langkah yang terlibat dalam produk dari awal hingga akhir dan memperlihatkan dimana biaya dikeluarkan dan dimana nilai bertambah.
4. Work Cell, merupakan pengelompokan mesin/peralatan, perkakas, dan operator yang bekerja pada produk yang serupa.

Terdapat lima alat pendukung lean yaitu [7]:

1. Poka Yoke, adalah alat yang membantu operator untuk mencegah terjadinya kesalahan selama pengoperasian.
2. Kanban, merupakan alat berupa kartu yang bekerja sebagai sinyal untuk mengatur inventaris, informasi visual, dan komunikasi.
3. Autonomation, merupakan alat berupa mekanisme otomatis yang bekerja sebagai sinyal untuk mengindikasikan keadaan suatu mesin atau pengukuran suatu objek.
4. Visual Communication, berupa papan visual yang berbasis pada computer, papan elektronik, atau media visual lainnya
5. SMED, merupakan alat yang digunakan untuk menyederhanakan setup mesin.

### Single Minute Exchange of Die (SMED)

Single Minute Exchange of Die (SMED) merupakan sebuah metode atau tehnik yang digunakan untuk melakukan setup dengan waktu dibawah 10 menit [4]. Konsep prosedur dalam pengembangan SMED adalah sebagai berikut [4]:

1. Tahap pendahuluan, pada tahap ini aktivitas *setup internal* dan *eksternal* belum dibedakan dan dipisahkan. Untuk mengimplementasikan SMED harus dilakukan observasi langsung ke lantai produksi untuk mengetahui langsung kondisi aktual secara detail.
2. Tahap pertama, pada tahap ini aktivitas *setup internal* dan *eksternal* telah diketahui dan akan dilakukan pemisahan antara kedua aktivitas tersebut. Aktivitas *setup internal* adalah aktivitas-aktivitas *setup* yang dapat dilakukan ketika mesin sedang tidak dioperasikan. Sedangkan aktivitas *setup eksternal* adalah aktivitas-aktivitas *setup* yang tetap dapat dilakukan ketika mesin sedang beroperasi.
3. Tahap kedua, pada tahap ini aktivitas *setup internal* akan di ekstrak dan diubah menjadi aktivitas *setup eksternal*. Dengan kata lain aktivitas *setup internal* akan di konversi menjadi aktivitas *setup eksternal*.
4. Tahap ketiga, pada tahap ini dilakukan penyederhanaan aktivitas *setup internal* dan aktivitas *setup eksternal*.

### Generasi Konsep

Proses pembuatan konsep berawal dari kebutuhan pelanggan dan spesifikasi target sehingga menghasilkan satu set konsep produk untuk

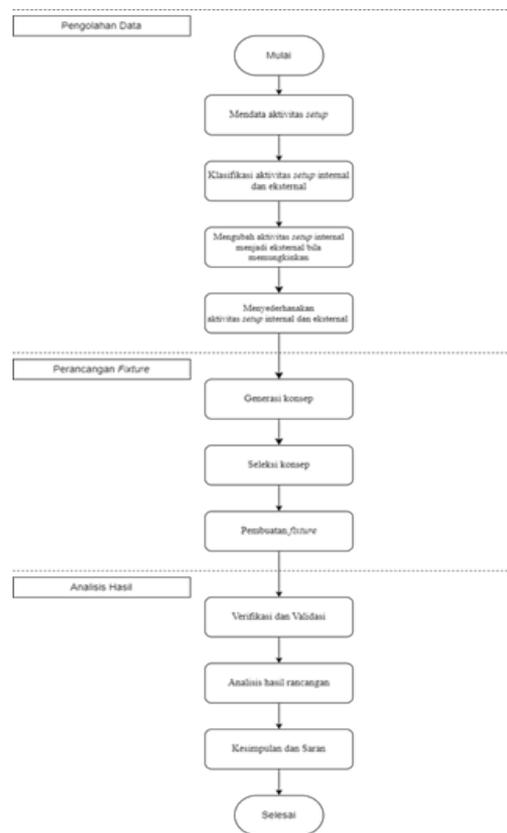
nantinya diseleksi oleh tim [7]. Terdapat metode yang dapat mempermudah pembuatan konsep yaitu metode lima langkah sebagai berikut:

1. Klarifikasi masalah, pada langkah ini dilakukan pengembangan pemahaman umum dari masalah yang dimiliki dan kemudian memecah masalah menjadi submasalah jika diperlukan.
2. Cari secara *eksternal*, pencarian secara *eksternal* ditujukan untuk menemukan solusi yang sudah ada dari masalah dan submasalah yang telah diidentifikasi pada langkah klarifikasi masalah. Langkah ini pada dasarnya adalah proses mengumpulkan informasi dengan tujuan mempersingkat waktu dalam pencarian solusi. Langkah ini berjalan secara paralel dengan langkah ketiga yaitu pencarian secara *internal*.
3. Cari secara *internal*, pencarian secara *internal* dilakukan dengan menggunakan pengetahuan dan kreativitas dari tim untuk menghasilkan solusi dari permasalahan.
4. Eksplorasi sistematis, setelah melewati langkah pencarian secara *internal* dan *eksternal* maka terdapat banyak konsep solusi yang tidak berhubungan untuk masing-masing permasalahan. Eksplorasi sistematis ditujukan untuk menggabungkan dan menyelaraskan solusi-solusi dari permasalahan.
5. Evaluasi hasil dan proses pemilihan, pada langkah ini dilakukan evaluasi untuk proses pembuatan konsep. Evaluasi dapat dilakukan dengan melihat hasil konsep dan mengkaji kembali keputusan yang telah dilakukan.

### Seleksi Konsep

Pemilihan konsep adalah proses untuk mengevaluasi konsep dengan kebutuhan pelanggan dan kriteria lainnya, membandingkan kekuatan dan kelemahan dari konsep tersebut, dan memilih satu atau lebih konsep untuk penyelidikan, pengujian, atau pengembangan lebih lanjut [6]. Terdapat dua tahap dalam memilih konsep. Tahap pertama adalah penyaringan konsep lalu tahap kedua adalah penilaian konsep. Kedua tahap tersebut mengikuti enam tahapan yang akan membantu untuk aktivitas penentuan konsep, yaitu:

1. Menyiapkan matriks pemilihan, pada tahap ini diperlukan untuk menentukan kriteria-kriteria yang akan digunakan pada matriks pemilihan. Setelah itu diperlukan sebuah sesuatu yang dapat dijadikan referensi untuk tolak ukur atau penilaian konsep-konsep yang telah dibuat.
2. Menilai alternatif-alternatif konsep, pada tahap ini akan dilakukan penilaian dari konsep-konsep yang tersedia dengan memberikan tanda (+) untuk lebih baik, (0) sama dengan, atau (-) untuk lebih buruk dari referensi yang digunakan.
3. Memberi peringkat kepada alternatif-alternatif konsep, setelah menilai konsep-konsep yang tersedia maka akan dilakukan perhitungan total skor untuk masing-masing "lebih baik", "sama dengan", "lebih buruk". Setelah itu dilakukan perhitungan skor bersih dengan cara mengurangi skor lebih baik dengan skor lebih buruk. Setelah itu dapat ditentukan urutan konsep dari yang terbaik hingga yang kurang baik.
4. Menggabungkan dan memperbaiki konsep, setelah mendapatkan konsep terbaik harus dipastikan bahwa hasil yang didapatkan sudah sesuai. Perancang dapat mempertimbangkan untuk menggabungkan ide-ide dari konsep lainnya apabila dinilai lebih baik dari konsep yang terpilih. Apabila terjadi penggabungan atau perbaikan dari sebuah konsep maka perlu memasukkan kedalam matriks penilaian, lalu dilakukan penilaian ulang.
5. Memilih satu atau lebih konsep, setelah mendapatkan konsep yang dinilai sesuai dengan kriteria perancang dapat memilih konsep tersebut untuk penyempurnaan dan analisis lebih lanjut. Perancang juga dapat memilih beberapa konsep yang ternilai dapat



Gambar 4. Diagram Tulang Ikan

dikembangkan lebih lanjut. Banyaknya konsep yang dipilih untuk dikembangkan lebih lanjut akan dibatasi oleh sumber daya dari perancang seperti personil, waktu, dan uang.

6. Mengevaluasi hasil dan proses pemilihan, pada tahap ini perancang harus meyakini konsep yang terpilih. Hasil yang telah ditetapkan harus masuk akal bagi perancang sehingga membuat komitmen yang kuat untuk aktivitas pengembangan selanjutnya.

## Metodologi Penelitian

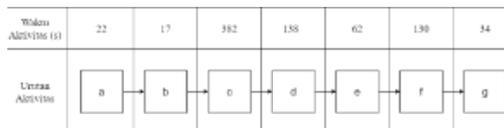
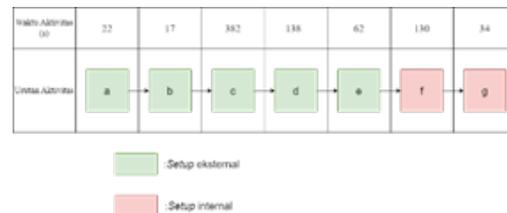
Metode perancangan menjelaskan alur perancangan dari awal hingga akhir untuk mencapai tujuan penelitian. Metode perancangan terdiri dari empat tahap utama yaitu tahap identifikasi masalah dan pengumpulan data, pengolahan data, usulan dan analisa usulan, serta kesimpulan dan saran. Sistematis penyelesaian masalah secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 3.

### Pengolahan Data

Pada tahap Pengolahan Data akan dilakukan evaluasi terhadap kondisi *setup* operasi 0300 saat ini. Evaluasi dilakukan dengan mengikuti tahapan pada metode *Single Minute Exchange of Die* yaitu mendata aktivitas *setup*, klasifikasi aktivitas *internal* dan *eksternal setup*, mengubah aktivitas *setup internal* menjadi *eksternal*, dan menyederhanakan aktivitas *internal* dan *eksternal*. Tahap menyederhanakan aktivitas *internal* dan *eksternal* akan menghasilkan permasalahan yang kemudian akan dikonversikan menjadi pernyataan kebutuhan. Pernyataan kebutuhan yang telah didapatkan akan menjadi masukan untuk tahap selanjutnya.

Table 1. Identifikasi Pernyataan Kebutuhan

Permasalahan	Identifikasi kebutuhan
Operasi pengeboran pada keempat sisi benda kerja dengan dimensi pengeboran 2, 5 mm dan jarak 8 mm dari dinding yang direferensikan.	Membuat <i>fixture</i> untuk Operasi 0300 <i>Joining Part</i> .
Mengeliminasi aktivisasi melakukan <i>setup fixture</i> (merakit <i>rotary chuck</i> dan plat besi), mengukur kebutuhan <i>setup</i> benda kerja, dan mengukur dan memastikan <i>setup</i> benda kerja dan <i>fixture</i> .	Membuat <i>fixture</i> yang dapat langsung digunakan untuk Operasi 0300 <i>Joining Part</i> tanpa perlu melakukan penyesuaian dan pengukuran terlebih dahulu.
Membutuhkan dua orang operator untuk transportasi <i>rotary chuck</i>	Membuat <i>fixture</i> yang dapat ditransportasikan oleh satu orang operator
Mengurangi waktu memasang <i>rotary chuck</i> pada meja operasi	Membuat <i>fixture</i> dengan metode penguncian yang cepat, kuat, dan aman.

Gambar 5. Rangkaian Proses *Setup* Pada Kondisi Saat IniGambar 6. Klasifikasi Rangkaian Operasi 0300 *Joining Part*

### Perancangan *Fixture*

Pada tahap Perancangan *Fixture* akan dilakukan pencarian solusi untuk pernyataan kebutuhan yang telah didapatkan pada tahap Pengolahan Data. Perancangan *fixture* akan dilakukan dengan mengikuti tahapan pada metode Generasi Konsep dan Seleksi Konsep. Metode Generasi Konsep akan menghasilkan konsep-konsep yang dapat memenuhi pernyataan kebutuhan. Konsep-konsep tersebut kemudian akan dipilih yang terbaik menggunakan tahapan metode Seleksi Konsep. Konsep yang terpilih merupakan konsep yang terbaik berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditentukan. Konsep tersebut merupakan hasil akhir dari perancangan *fixture* untuk menjawab permasalahan pada penelitian ini yaitu merancang *fixture* khusus Operasi 0300 *Joining Part*.

### Analisis Hasil

Pada tahap Analisis Hasil akan dilakukan Verifikasi dan Validasi, Analisis Hasil Rancangan, dan Kesimpulan dan Saran. Verifikasi dilakukan dengan melakukan pengujian dari rancangan untuk melihat perbaikan pada aktivitas *setup*. Apabila hasil rancangan mendapatkan waktu *setup* lebih cepat daripada kondisi sebelumnya maka rancangan tersebut terverifikasi. Validasi dilakukan dengan mendapatkan pernyataan validasi dari pemangku kepentingan untuk hasil penelitian. Analisis Hasil Rancangan berisi analisis bagaimana hasil rancangan dapat memperbaiki waktu *setup* pada Operasi 0300 *Joining Part*.

## Hasil dan Pembahasan

### Pengolahan Data

Metode Pada *Single Minute Exchange of Die* (SMED) digunakan untuk mengevaluasi proses *setup* operasi 0300 *joining part*. Prosedur *Single Minute Exchange of Die* (SMED) adalah sebagai berikut:

- Tahap pendahuluan Kondisi aktual pada *setup* Operasi 0300 *Joining Part* adalah sebagai berikut:
  - Mengambil *rotary chuck*
  - Memasang pelat besi pada *rotary chuck*
  - Melakukan *setup fixture*
  - Mengukur kebutuhan *setup* benda kerja
  - Mengukur dan memastikan *setup* benda kerja dan *fixture*
  - Memasang *rotary chuck* pada meja operasi
  - Memasang mata bor pada mesin bor.
 Urutan rangkaian proses *setup* digambarkan pada diagram 5 tersebut.
- Tahap Pertama
 

Klasifikasi aktivitas *setup* dilakukan dengan mengamati secara langsung aktivitas tersebut pada saat operasi akan dilakukan. Aktivitas *setup* pada operasi 0300 setelah diklasifikasikan dapat dilihat pada diagram berikut.
- Tahap Kedua
 

Aktivitas *setup internal* pada operasi 0300 adalah aktivitas F dan G. Aktivitas tersebut adalah memasang *rotary chuck* yang telah dirakit pada meja operasi lalu memasang mata bor pada mesin. Kedua aktivitas tersebut tidak dapat diubah menjadi aktivitas *setup eksternal* karena aktivitas tersebut hanya dapat dilakukan ketika mesin bor sedang tidak dioperasikan.
- Tahap Ketiga
 

Tahap ketiga adalah menyederhanakan aktivitas *setup internal* dan *eksternal*. Pada tahap ini akan dilakukan eliminasi atau penyederhanaan untuk aktivitas-aktivitas *setup* yang melakukan penyesuaian dan pengukuran. Sehingga aktivitas yang dapat dieliminasi atau disederhanakan adalah seperti pada gambar 7. Aktivitas yang



Gambar 7. Identifikasi Aktivitas-aktivitas setup Yang Dapat Dieliminasi

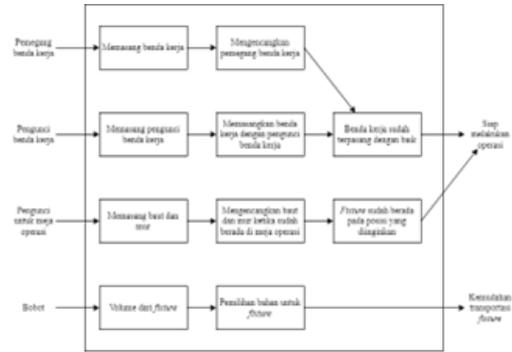
Table 2. Identifikasi Pernyataan Kebutuhan

Identifikasi kebutuhan	Target spesifikasi
Membuat fixture untuk Operasi 0300 Joining Part.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fixture dapat memegang panjang benda kerja 82 mm</li> <li>- Fixture memiliki pengarah mata bor dengan diameter 2,5 mm</li> <li>- Pengarah mata bor memiliki jarak 8 mm dari muka fixture</li> </ul>
Mengeliminasi aktivitas melakukan setup fixture (merakit rotary chuck dan plat besi), mengukur kebutuhan setup benda kerja, dan mengukur dan memastikan setup benda kerja dan fixture.	- Membuat fixture yang dapat langsung digunakan untuk Operasi 0300 Joining Part tanpa perlu melakukan penyesuaian dan pengukuran terlebih dahulu.
Membutuhkan dua orang operator untuk transportasi rotary chuck	- Membuat fixture yang dapat ditransportasikan oleh satu orang operator
Mengurangi waktu memasang rotary chuck pada meja operasi	- Membuat fixture dengan metode penguncian yang cepat, kuat, dan aman.

melibatkan penyesuaian dan pengukuran harus dihindari sehingga untuk menghilangkan aktivitas tersebut menjadi permasalahan dalam penelitian ini. Permasalahan yang dihadapi adalah menghilangkan aktivitas penyesuaian dan pengukuran yang berulang saat melakukan setup agar fixture yang dirakit sesuai dengan kebutuhan Operasi 0300. Berdasarkan identifikasi yang telah dilakukan sebelumnya maka pernyataan kebutuhan terdapat pada tabel 1 berikut.

**Pembuatan Konsep**

- Klarifikasi Masalah**  
Tujuan tahap ini adalah untuk memperjelas dan mengkuantifikasi kebutuhan rancangan. Berdasarkan kebutuhan rancangan sebelumnya maka dapat ditentukan target spesifikasinya seperti yang terdapat pada tabel 2 dan Gambar 8.
- Pencarian Eksternal**  
Setelah didapatkan target spesifikasi maka bisa dilakukan pencarian secara eksternal. Pencarian secara eksternal adalah sebagai berikut 3.
- Pencarian Internal**  
Setelah didapatkan target spesifikasi maka bisa dilakukan pencarian secara internal. Pencarian secara internal terdapat pada tabel 4.
- Eksplorasi Sistematis Berdasarkan pencarian eksternal dan internal** untuk memenuhi target spesifikasi didapatkan hasilnya pada tabel 8.



Gambar 8. Diagram Fungsi Dari Fixture

Table 3. Pencarian Eksternal untuk Target Spesifikasi

Target spesifikasi	Solusi dari pencarian eksternal
Memiliki empat titik pengunci pada permukaan depan fixture	Menggunakan metode pemegangan benda kerja ragum yang sudah umum digunakan untuk operasi pada mesin konvensional milling.
Memiliki lubang pengarah mata bor dengan jarak 8 mm dari permukaan fixture dan benda kerja yang saling bertemu	Menggunakan metode pemegangan benda kerja center lock karena dapat dipasangkan pada benda kerja yang memiliki bentuk silinder dengan ruang kosong ditengahnya.
Rentang pengunci benda harus lebih besar dari 82 mm	Solusi dari pencarian eksternal adalah pemilihan material antara besi cor dan alumunium karena sudah umum digunakan untuk pembuatan fixture.
Fixture perlu dibuat dengan bobot kurang dari 23 kilogram dan mudah dipegang.	Solusi untuk penguncian fixture adalah memodifikasi mur agar tidak memerlukan alat bantu untuk mengencangkan.
Fixture dapat dipasang ke meja operasi kurang dari dua menit	

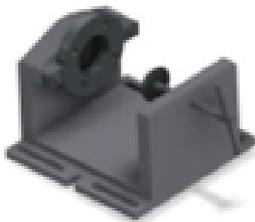
Table 4. Pencarian Internal untuk Target Spesifikas

Target spesifikasi	Solusi dari pencarian eksternal
Memiliki empat titik pengunci pada permukaan depan fixture	Membuat titik penguncian pada fixture
Memiliki lubang pengarah mata bor dengan jarak 8 mm dari permukaan fixture dan benda kerja yang saling bertemu	Membuat pin untuk mengunci benda kerja dan fixture
Rentang pengunci benda harus lebih besar dari 82 mm	Pin untuk benda kerja harus dapat masuk pada lubang dengan toleransi 12 N7
Fixture perlu dibuat dengan bobot kurang dari 23 kilogram dan mudah dipegang.	Mendesain fixture dengan lekukan sehingga mudah digenggam
Fixture dapat dipasang ke meja operasi kurang dari dua menit	Mendesain fixture agar tempat untuk memasang baut mudah dijangkau

Dari TABEL 8, terdapat delapan konsep yang dapat dihasilkan dari langkah eksplorasi sistematis. Namun, alternatif solusi pengunci baut benda kerja pada metode penguncian benda kerja memiliki kelemahan sehingga tidak dapat dikombinasikan, sehingga konsep yang dapat dihasilkan yaitu sebagai berikut:

Table 5. Eksplorasi Sistematis

Sub-fungsi \ Opsi	Solusi 1	Solusi 2
Pemegang Benda Kerja		
Pengunci Benda Kerja		
Pengunci Untuk Meja Operasi		Mengurangi titik Pengunci Untuk Meja Operasi
Bobot	Baja	Alumunium 6061



Gambar 9. Visual Konsep A



Gambar 11. Visual Konsep C



Gambar 10. Visual Konsep B



Gambar 12. Visual Konsep D

- Pemegangan benda kerja ragum berbahan material besi *cor* dengan metode penguncian diantara benda kerja. Konsep 9 memiliki estimasi berat 12,646 Kilogram.
  - Pemegangan benda kerja ragum berbahan material alumunium dengan metode penguncian diantara benda kerja. Konsep 10 memiliki estimasi berat 4,793 Kilogram.
  - Pemegangan benda kerja *center locking* berbahan material besi *cor* dengan metode penguncian diantara benda kerja. Konsep 11 memiliki estimasi berat 4,297 Kilogram.
  - Pemegangan benda kerja *center locking* berbahan material alumunium dengan metode penguncian diantara benda kerja. Konsep 12 memiliki estimasi berat 2,289 Kilogram.
5. Evaluasi Hasil dan Proses Pemilihan
- Target spesifikasi yang didapatkan dari kebutuhan rancangan telah didefinisikan dengan baik yaitu memperhatikan referensi dan dimensi benda kerja dan memperhatikan material dan desain konsep. Pencarian secara *eksternal* telah dilakukan namun perlu dilakukan penyesuaian terhadap benda kerja. Penyesuaian yang diperlukan pada pencarian *eksternal* telah dilakukan pada pencarian *internal*. Pada langkah eksplorasi sistematis alternatif solusi pengunci baut benda kerja pada metode penguncian tidak dapat dikombinasikan dengan konsep lainnya sehingga hasil kombinasi hanya menjadi empat konsep. Keempat konsep tersebut telah dikombinasikan dan diadaptasikan terhadap mesin konvensional *milling* yang akan digunakan.

**Table 6.** Penjelasan Penilaian Kriteria

<b>Estimasi waktu <i>setup</i></b>	(+)	Konsep yang dibuat memiliki jumlah aktivitas untuk melakukan persiapan operasi lebih sedikit dengan kondisi saat ini
	(-)	Konsep yang dibuat memiliki jumlah aktivitas untuk melakukan persiapan operasi lebih banyak dengan kondisi saat ini
	(0)	Konsep yang dibuat memiliki jumlah aktivitas untuk melakukan persiapan operasi sama dengan kondisi saat ini
<b>Estimasi waktu operasi</b>	(+)	Konsep yang dibuat memiliki jumlah aktivitas untuk melakukan persiapan operasi lebih sedikit dengan kondisi saat ini
	(-)	Konsep yang dibuat memiliki jumlah aktivitas untuk melakukan persiapan operasi lebih banyak dengan kondisi saat ini
	(0)	Konsep yang dibuat memiliki jumlah aktivitas untuk melakukan persiapan operasi sama dengan kondisi saat ini
<b>Bobot</b>	(+)	Konsep yang dibuat memiliki estimasi bobot lebih ringan dengan kondisi saat ini
	(-)	Konsep yang dibuat memiliki estimasi bobot lebih berat dengan kondisi saat ini
	(0)	Konsep yang dibuat memiliki estimasi bobot sama dengan kondisi saat ini

### Seleksi Konsep

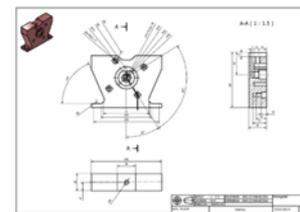
- Menyiapkan Matriks Pemilihan  
Kriteria yang akan digunakan adalah estimasi waktu *setup*, estimasi waktu operasi, dan bobot. Pemilihan kriteria akan dijelaskan sebagai berikut:
  - Kriteria estimasi waktu *setup* dipilih karena pada kondisi saat ini waktu *setup* yang besar terjadi karena terdapat aktivitas merakit.
  - Kriteria estimasi waktu operasi juga dipilih untuk mempertimbangkan usulan dalam bentuk rancangan untuk meminimasi waktu operasi yang terhitung untuk satu siklus operasi.
  - Kriteria bobot dipilih karena pada kondisi saat ini dibutuhkan dua orang operator untuk memindahkan *fixture*.
- Menilai Konsep Usulan  
Penjelasan penilaian kriteria adalah sebagai berikut: 6  
Setelah menentukan cara penilaian maka dapat dilakukan penilaian terhadap konsep-konsep yang telah dibuat pada tabel 7.
- Memberi Peringkat Kepada Alternatif-alternatif Konsep  
Setelah dinilai maka dapat dihitung total skornya sebagai berikut.
- Menggabungkan dan memperbaiki konsep  
Tahapan yang sudah dilakukan telah menghasilkan konsep-konsep yang melakukan lebih baik daripada kondisi saat ini pada setiap

**Table 7.** Penilaian Konsep Usulan

Kriteria	Konsep			
	a	b	c	d
Waktu <i>setup</i>	+	+	+	+
Waktu operasi	+	+	+	+
Bobot	+	++	+++	++++

**Table 8.** Peringkat Konsep-konsep Usulan

Jumlah:	Konsep			
	a	b	c	d
(+)	3	4	5	6
(-)	0	0	0	0
(0)	0	0	0	0
Skor Akhir	3	4	5	6
Peringkat	4	3	2	1

**Gambar 13.** Perancangan Detail Pangkal

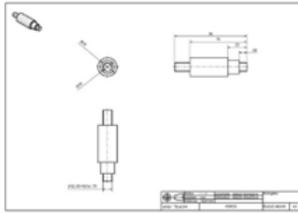
kriteria yang telah ditentukan. Meskipun konsep-konsep yang digunakan memiliki model dan cara kerja yang hampir serupa, konsep-konsep tersebut tetap memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Konsep-konsep yang telah dihasilkan didapatkan dari pengembangan dan penyesuaian untuk memenuhi kebutuhan rancangan.

- Memilih satu atau lebih konsep  
Konsep yang terpilih merupakan konsep D yaitu pemegangan benda kerja *center locking* berbahan material aluminium dengan metode penguncian diantara benda kerja. Konsep ini akan dikembangkan lebih lanjut dengan dibuatkan detail dimensi untuk selanjutnya difabrikasi. Detail dimensi dibutuhkan agar dapat difabrikasi dengan akurat sehingga dapat digunakan untuk proses operasi.
- Mengevaluasi hasil dan proses pemilihan  
Konsep D adalah konsep yang terpilih setelah melewati beberapa tahapan untuk menyeleksi konsep. Dengan demikian, konsep D merupakan konsep yang telah memenuhi kriteria yang didapatkan dari kebutuhan konsumen. Konsep ini perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut agar dapat menyelesaikan masalah waktu *setup* yang lama.

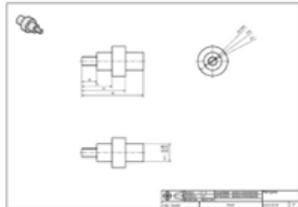
### Detail Konsep

Konsep yang digunakan terdiri dari empat komponen yaitu Pangkal, Poros, Pasak, dan Pengunci Benda Kerja seperti sebagai berikut.

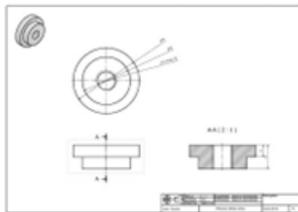
- Perancangan Detail Pangkal



Gambar 14. Perancangan Detail Poros



Gambar 15. Perancangan Detail Poros



Gambar 16. Perancangan Detail Poros

Pada GAMBAR 13, komponen Pangkal memiliki dua buah lubang yang dapat digunakan untuk membuat pada meja konvensional milling yang akan digunakan. Selanjutnya terdapat lubang pada sisi atas yang digunakan untuk mengarahkan mata bor. Selanjutnya terdapat empat lubang pada sisi depan yang digunakan sebagai titik pengunci benda kerja. Pada bagian tengah Pangkal terdapat lubang penyeimbang untuk Poros sehingga dapat diposisikan dengan tegak lurus dan stabil.

#### 2. Perancangan Detail Poros

Pada GAMBAR 14, komponen Poros memiliki panjang yang dapat mengakomodasi benda kerja. Selanjutnya terdapat dimensi sepanjang lima belas milimeter sebagai penyeimbang terhadap Pangkal. Selanjutnya terdapat ulir kasar untuk mempercepat proses lepas pasang Pengunci Benda Kerja

#### 3. Perancangan Detail Pasak

Pada GAMBAR 15, komponen memiliki dimensi dengan tebal sepuluh milimeter sebagai penyeimbang terhadap Pangkal. Selanjutnya terdapat dimensi dengan tebal sembilan milimeter yang bekerja sebagai bantalan antara benda kerja dan pangkal sehingga akan stabil saat operasi dilakukan. Selanjutnya terdapat dimensi presisi yang akan masuk ke lubang presisi benda kerja yang dibutuhkan sehingga ketika dipasangkan tidak akan terjadi gerakan kecil.

#### 4. Perancangan detail Pengunci Benda Kerja

Pada GAMBAR 16, komponen memiliki dimensi dengan diameter tiga puluh dua milimeter yang akan masuk kedalam benda kerja sehingga akan membuat benda terkunci dengan tegak lurus. Selanjutnya terdapat ulir kasar yang dapat membantu lepas pasang dengan cepat.

## Kesimpulan

Pada tugas akhir ini dihasilkan rancangan berupa *fixture* khusus dibuat untuk operasi 0300 *joining part*. Rancangan ini dibuat untuk mengatasi waktu *setup* yang besar pada operasi 0300 *joining part*. Pada kondisi awal *setup* terdapat tujuh aktivitas *setup* dengan total waktu *setup* 13 menit. Aktivitas *setup* terlama terjadi ketika dilakukan perakitan *fixture* dan pengukuran kebutuhan benda kerja pada *fixture*. Perancangan *fixture* usulan dapat mengeliminasi aktivitas-aktivitas tersebut sehingga menghasilkan total waktu *setup* 1 menit 53 detik. Perancangan usulan juga mempertimbangkan pemangkasan bobot karena pada *fixture* kondisi saat ini memiliki bobot sebesar 23 kilogram. Bobot yang berat tidak memungkinkan untuk *fixture* ditransportasikan dengan cepat. Permasalahan bobot tersebut juga harus segera diatasi karena diperlukan dua orang operator untuk mentransportasikan *fixture* kondisi saat ini, hal tersebut dapat menurunkan produktivitas operator. Oleh karena itu, pada proses seleksi konsep terdapat kriteria bobot. Pada seleksi konsep material dengan bahan alumunium sangat diunggulkan karena memiliki berat jenis yang lebih ringan dibandingkan besi *cor*. Setelah difabrikasi rancangan *fixture* usulan memiliki bobot 1,5 kilogram sehingga rancangan *fixture* usulan telah berhasil memangkas bobot sebesar 93% atau 21,5 kilogram.

## Daftar Pustaka

- Gopalakrishnan N. Simplified Lean Manufacture. PHI Learning Pvt. Ltd.; 2010. Accessed Sep. 5, 2024. Available at: <https://books.google.co.id/books?id=sAwVpEKmKSIC>.
- Liker JK. The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. McGraw-Hill; 2004. Accessed Sep. 5, 2024. Available at: <https://scholar.google.com>.
- Poduval PS, Pramod VR, Jagathy Raj VP. Interpretive structural modeling (ISM) and its application in analyzing factors inhibiting implementation of total productive maintenance (TPM). International Journal of Quality and Reliability Management. 2015 Mar;32(3):308-31.
- Shingo S. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Productivity Press; Accessed Sep. 5, 2024.
- Sullivan WG, McDonald TN, Van Aken EM. Equipment replacement decisions and lean manufacturing. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2002 Jun;18(3-4):255-65.
- Ulrich KT, Eppinger SD. Product Design and Development. McGraw-Hill Education; 2016.
- Vinodh S. Lean Manufacturing: Fundamentals, Tools, Approaches, and Industry 4.0 Integration. CRC Press; 2022.