

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

1st Bagus Rahadian
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

bagusr@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dida Diah Damayanti
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

didadiah@telkomuniversity.ac.id

3rd Rino Andias Anugraha
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

rinoandias@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.

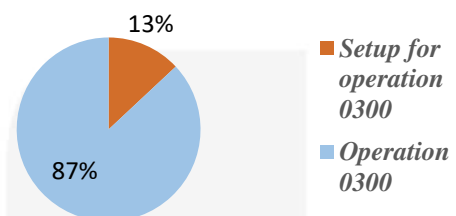
Kata kunci — Waktu *Setup*, Lean Manufacturing, SMED, Perancangan *Fixture*

I. 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 [1]. 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 berbeda-beda. 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.

Operasi 0300 *Joining Part*



GAMBAR 1
Presentase pembagian waktu Operasi 0300 Joining Part

Anova: Single Factor

SUMMARY

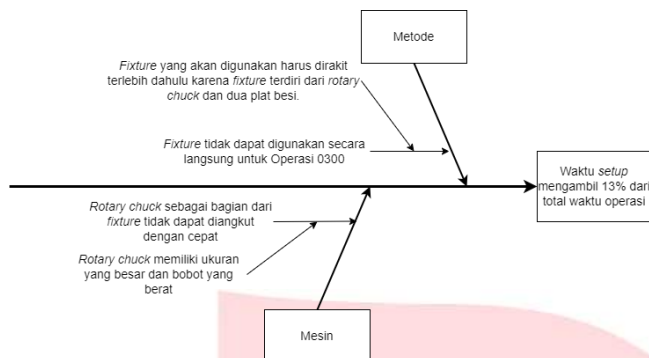
| Groups | Count | Sum | Average | Variance |
|----------------|-------|------|-------------|-----------|
| Operation Time | 23 | 5241 | 227,8695652 | 158,20949 |
| Setup Time | 23 | 785 | 34,13043478 | 26792,391 |

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

Berdasarkan Gambar I. 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.



GAMBAR 3
Diagram tulang ikan

Pemborosan 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*. Pemborosan tidak menambah nilai dari perspektif konsumen, maka pemborosan perlu dikurangi dan dihilangkan [3].

II. KAJIAN TEORI

A. Lean Manufacturing

Lean manufacturing dapat didefinisikan sebagai kemampuan sistem manufaktur untuk memastikan proses berjalan lancar, mengeliminasi pemborosan, dan menambah nilai [3]. Sistem *lean* terdiri dari serangkaian elemen, alat atau teknik, dan peraturan untuk meningkatkan kinerja perusahaan [3]. Elemen tersebut adalah nilai pelanggan, aliran nilai, permintaan pelanggan, dan penyempurnaan dengan perbaikan berkelanjutan [4]. 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.

B. Kategori pemborosan

Terdapat tujuh fundamental kategori pemborosan yaitu [3]:

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.

C. Alat Lean Manufacturing

Alat *lean manufacturing* terbagi kedalam dua kelompok yaitu alat dasar *lean* dan alat pendukung *lean* [3]. Terdapat empat alat dasar *lean* yaitu:

1. 5S, 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 [5].
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 [3]:

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. *Autonation*, 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

D. 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 [6]. Konsep prosedur dalam pengembangan SMED adalah sebagai berikut [6]:

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.

E. 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.

F. 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 [7]. 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:

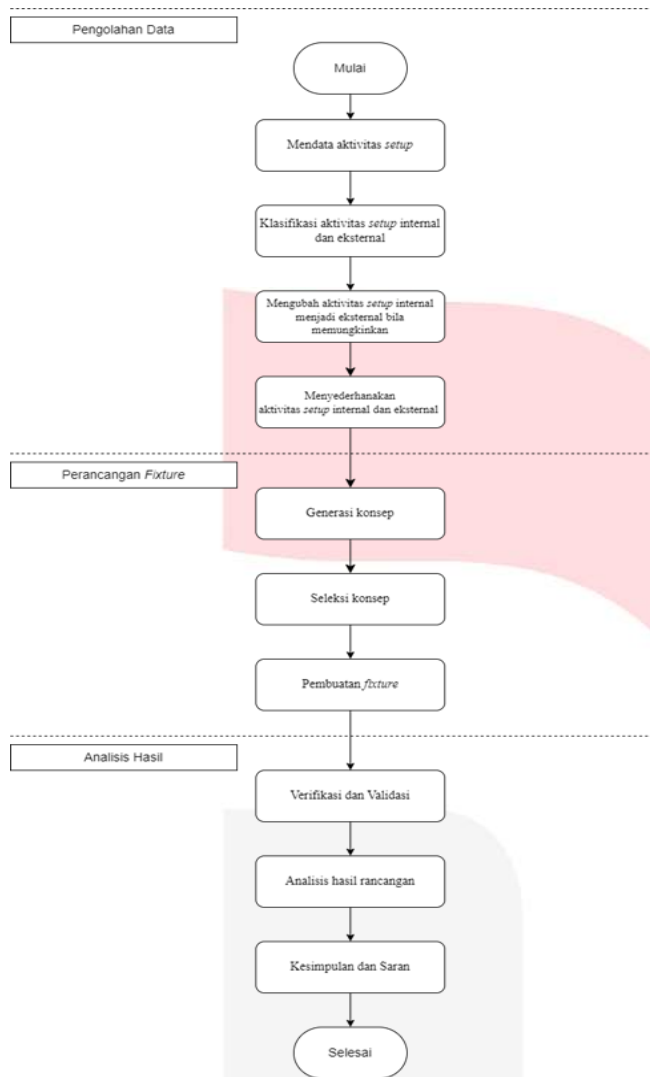
1. Menyiapkan matriks pemilihan, pada tahap ini diperlukan untuk menentukan kriteria-kriteria yang akan digunakan pada matriks pemilihan. Setelah itu diperlukan sebuah sesuatu yang dapat dijadikan referensi untuk tolak ukur atau penilaian konsep-konsep yang telah dibuat.
2. Menilai alternatif-alternatif 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 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.

III. METODE

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. Sistematika penyelesaian masalah secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar berikut.



GAMBAR 4 Sistematika penyelesaian masalah

A. 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.

B. 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.

C. 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.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengolahan Data

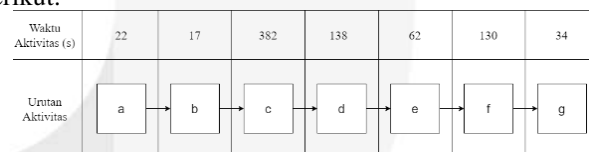
Metode Pada *Single Minute Exchange of Die* (SMED) digunakan untuk mengevaluasi proses *setup* operasi 0300 *joining part*. Prosedur *Single Minute Exchange of Die* (SMED) adalah sebagai berikut:

1. Tahap pendahuluan

Kondisi aktual pada *setup* Operasi 0300 *Joining Part* adalah sebagai berikut:

- a. Mengambil *rotary chuck*
- b. Memasang pelat besi pada *rotary chuck*
- c. Melakukan *setup fixture*
- d. Mengukur kebutuhan *setup* benda kerja
- e. Mengukur dan memastikan *setup* benda kerja dan *fixture*
- f. Memasang *rotary chuck* pada *meja operasi*
- g. Memasang mata bor pada mesin bor

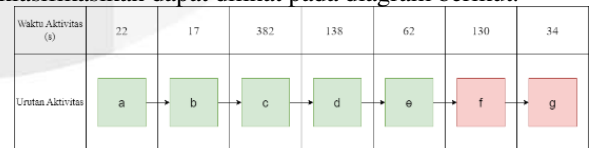
Urutan rangkaian proses *setup* digambarkan pada diagram berikut:



GAMBAR 5 Rangkaian proses setup pada kondisi saat ini

2. 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.



■ :Setup eksternal

■ :Setup internal

GAMBAR 6 Klasifikasi Rangkaian Operasi 0300 Joining Part

3. 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.

4. 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 berikut.



GAMBAR 7 Identifikasi aktivitas-aktivitas setup yang dapat dieliminasi

Aktivitas yang 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 adalah sebagai berikut.

TABEL 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. |

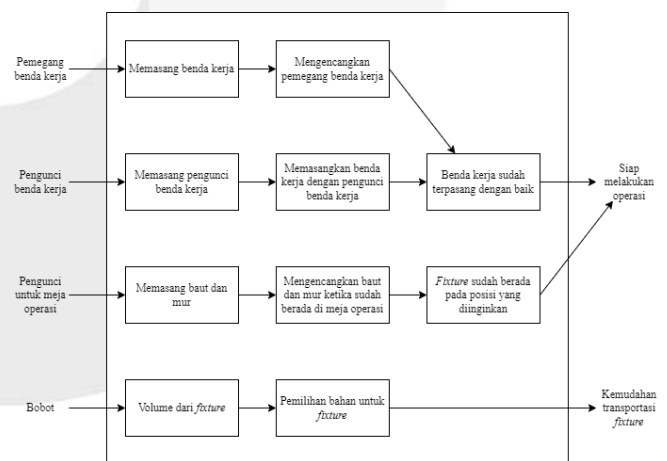
B. Pembuatan Konsep

1. Klarifikasi masalah

Tujuan tahap ini adalah untuk memperjelas dan mengkuantifikasi kebutuhan rancangan. Berdasarkan kebutuhan rancangan sebelumnya maka dapat ditentukan target spesifikasi sebagai berikut.

TABEL 2 Konversi identifikasi kebutuhan menjadi target spesifikasi

| Identifikasi kebutuhan | Target spesifikasi |
|---|---|
| Membuat <i>fixture</i> untuk Operasi 0300 <i>Joining Part</i> . | <ul style="list-style-type: none"> <i>Fixture</i> dapat memegang panjang benda kerja 82 mm <i>Fixture</i> memiliki pengarah mata bor dengan diameter 2,5 mm Pengarah mata bor memiliki jarak 8 mm dari muka <i>fixture</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> . | <ul style="list-style-type: none"> 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> | <ul style="list-style-type: none"> Membuat <i>fixture</i> yang dapat ditransportasikan oleh satu orang operator |
| Mengurangi waktu memasang <i>rotary chuck</i> pada meja operasi | <ul style="list-style-type: none"> Membuat <i>fixture</i> dengan metode penguncian yang cepat, kuat, dan aman. |



GAMBAR 8 Diagram fungsi dari fixture

2. Pencarian eksternal

Setelah didapatkan target spesifikasi maka bisa dilakukan pencarian secara eksternal. Pencarian secara eksternal adalah sebagai berikut.

TABEL 3
Pencarian eksternal untuk target spesifikasi

| Target spesifikasi | Solusi dari pencarian eksternal |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Memiliki empat titik pengunci pada permukaan depan <i>fixture</i> Memiliki lubang pengarah mata bor dengan jarak 8 mm dari permukaan <i>fixture</i> dan benda kerja yang saling bertemu Rentang pengunci benda harus lebih besar dari 82 mm | <p>Menggunakan metode pemegangan benda kerja ragam yang sudah umum digunakan untuk operasi pada mesin konvensional <i>milling</i>. Menggunakan metode pemegangan benda kerja <i>center lock</i> karena dapat dipasangkan pada benda kerja yang memiliki bentuk silinder dengan ruang kosong ditengahnya.</p> |
| <p><i>Fixture</i> perlu dibuat dengan bobot kurang dari 23 kilogram dan mudah dipegang.</p> | <p>Solusi dari pencarian eksternal adalah pemilihan material antara cor dan alumunium karena sudah umum digunakan untuk pembuatan <i>fixture</i>.</p> |
| <p><i>Fixture</i> dapat dipasang ke meja operasi kurang dari dua menit</p> | <p>Solusi untuk penguncian <i>fixture</i> adalah memodifikasi mur agar tidak memerlukan alat bantu untuk mengencangkan.</p> |

3. Pencarian internal

Setelah didapatkan target spesifikasi maka bisa dilakukan pencarian secara internal. Pencarian secara internal adalah sebagai berikut.

TABEL 4
Pencarian internal untuk target spesifikasi

| Target spesifikasi | Solusi dari pencarian eksternal |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Memiliki empat titik pengunci pada permukaan depan <i>fixture</i> Memiliki lubang pengarah mata bor dengan jarak 8 mm dari permukaan <i>fixture</i> dan benda kerja yang saling bertemu Rentang pengunci benda harus lebih besar dari 82 mm | <ul style="list-style-type: none"> Membuat titik penguncian pada <i>fixture</i> Membuat pin untuk mengunci benda kerja dan <i>fixture</i> Pin untuk benda kerja harus dapat masuk pada lubang dengan toleransi 12 N7 |
| <p><i>Fixture</i> perlu dibuat dengan bobot kurang dari 23 kilogram dan mudah dipegang.</p> | <p>Mendesain <i>fixture</i> dengan lekukan sehingga mudah digenggam</p> |

| | |
|--|---|
| <p><i>Fixture</i> dapat dipasang ke meja operasi kurang dari dua menit</p> | <p>Mendesain <i>fixture</i> agar tempat untuk memasang baut mudah dijangkau</p> |
|--|---|

4. Eksplorasi sistematis

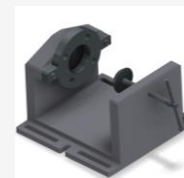
Berdasarkan pencarian eksternal dan internal untuk memenuhi target spesifikasi didapatkan hasil sebagai berikut.

TABEL 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 |

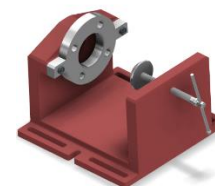
Dari TABEL 5, terdapat delapan konsep yang dapat dihasilkan dari langkah eksplorasi sistematis. Namun, alternatif solusi pengunci baut benda kerja pada metode penguncian benda kerja memiliki kelemahan sehingga tidak dapat dikombinasikan, sehingga konsep yang dapat dihasilkan yaitu sebagai berikut:

- a. Pemegangan benda kerja ragam berbahan material besi cor dengan metode penguncian diantara benda kerja. Konsep ini memiliki estimasi berat 12,646 Kilogram.



GAMBAR 9
Visual konsep A

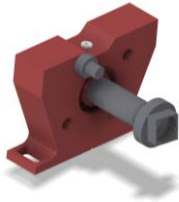
- b. Pemegangan benda kerja ragam berbahan material alumunium dengan metode penguncian diantara benda kerja. Konsep ini memiliki estimasi berat 4,793 Kilogram.



GAMBAR 10
Visual konsep B

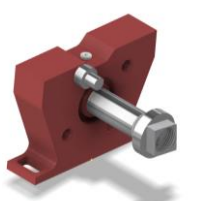
- c. Pemegangan benda kerja *center locking* berbahan material besi cor dengan metode penguncian diantara

benda kerja. Konsep ini memiliki estimasi berat 4,297 Kilogram.



GAMBAR 11
Visual konsep C

- d. Pemegangan benda kerja *center locking* berbahan material alumunium dengan metode penguncian diantara benda kerja. Konsep ini memiliki estimasi berat 2,289 Kilogram.



GAMBAR 12
Visual konsep D

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.

C. Seleksi Konsep

1. 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*.

2. Menilai konsep usulan

Penjelasan penilaian kriteria adalah sebagai berikut:

TABEL 6
Penjelasan penilaian kriteria

| | | |
|----------|-----|-----------------------------|
| Estimasi | (+) | Konsep yang dibuat memiliki |
|----------|-----|-----------------------------|

| | | |
|------------------------|-----|--|
| waktu <i>setup</i> | | 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 |
| estimasi waktu operasi | (+) | 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 |
| bobot | (+) | 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 |

Setelah menentukan cara penilaian maka dapat dilakukan penilaian terhadap konsep-konsep yang telah dibuat sebagai berikut.

TABEL 7
Penilaian konsep usulan

| Kriteria | Konsep | | | |
|--------------------|--------|----|-----|------|
| | a | b | c | d |
| Waktu <i>setup</i> | + | + | + | + |
| Waktu operasi | + | + | + | + |
| bobot | + | ++ | +++ | ++++ |

3. Memberi peringkat kepada alternatif-alternatif konsep
Setelah dinilai maka dapat dihitung total skornya sebagai berikut.

TABEL 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 |

4. Menggabungkan dan memperbaiki konsep

Tahapan yang sudah dilakukan telah menghasilkan konsep-konsep yang melakukan lebih baik daripada kondisi saat ini pada setiap 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.

5. 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.

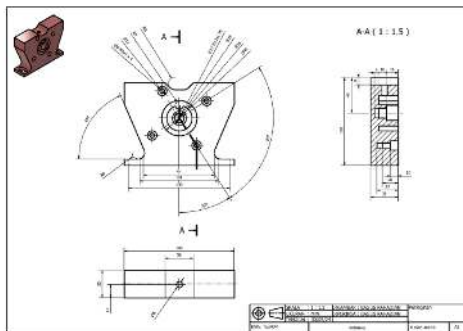
6. Mengevaluasi hasil dan proses pemilihan

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.

D. Detail Konsep

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

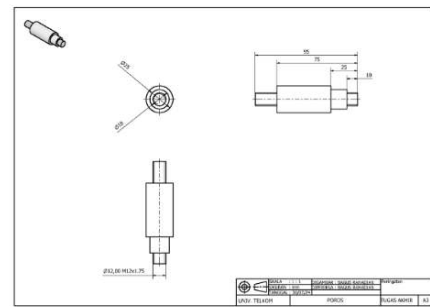
1. Perancangan detail Pangkal



GAMBAR 13
Perancangan detail Pangkal

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.

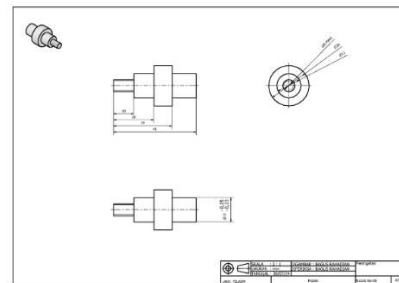
2. Perancangan detail Poros



GAMBAR 14
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.

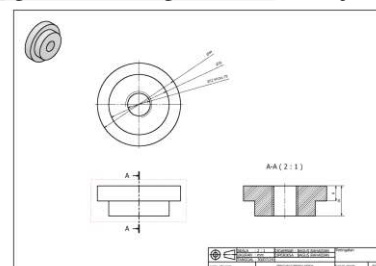
3. Perancangan detail Pasak



GAMBAR 15
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



GAMBAR 16
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.

V. 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 *fixture* usulan juga mempertimbangkan pemangkasan bobot karena pada *fixture* kondisi saat ini memiliki bobot seberat 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 alumuniun 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.

REFERENSI

- [1] W. G. Sullivan, T. N. McDonald, and E. M. Van Aken, "Equipment replacement decisions and lean manufacturing," *Robot Comput Integr Manuf*, vol. 18, no. 3–4, pp. 255–265, Jun. 2002, doi: 10.1016/S0736-5845(02)00016-9.
- [2] "Liker, J. K. (2004). The Toyota Way: 14 Management... - Google Scholar." Accessed: Sep. 05, 2024. [Online]. Available: https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=Liker%2C+J.+K.+%282004%29.+The+Toyota+Way%3A+14+Management+Principles+from+the+World%27s+Greatest+Manufacturer&btnG=
- [3] S. Vinodh, "Lean manufacturing: fundamentals, tools, approaches, and industry 4.0 integration," *Lean Manufacturing: Fundamentals, Tools, Approaches, and Industry 4.0 Integration*, pp. 1–132, Jul. 2022, doi: 10.1201/9781003190332/LEAN-MANUFACTURING-VINODH.
- [4] "Simplified Lean Manufacture - N. Gopalakrishnan - Google Buku." Accessed: Sep. 05, 2024. [Online]. Available: [https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=sAwVpEKmKSIC&oi=fnd&pg=PR1&dq=Gopalakrishnan,+N.++\(2010\).+Simplified+lean+manufacture.+PHI+Learning+Pvt.+Ltd.&ots=ERwUkV-qRP&sig=fmKqpKIVRslZc0mRaG4G16Kq8d4&redirect_esc=y#v=onepage&q=Gopalakrishnan%2C%20N.++\(2010\).%20Simplified%20lean%20manufacture.%20PHI%20Learning%20Pvt.%20Ltd.&f=false](https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=sAwVpEKmKSIC&oi=fnd&pg=PR1&dq=Gopalakrishnan,+N.++(2010).+Simplified+lean+manufacture.+PHI+Learning+Pvt.+Ltd.&ots=ERwUkV-qRP&sig=fmKqpKIVRslZc0mRaG4G16Kq8d4&redirect_esc=y#v=onepage&q=Gopalakrishnan%2C%20N.++(2010).%20Simplified%20lean%20manufacture.%20PHI%20Learning%20Pvt.%20Ltd.&f=false)
- [5] P. S. Poduval, V. R. Pramod, and V. P. Jagathy Raj, "Interpretive structural modeling (ISM) and its application in analyzing factors inhibiting implementation of total productive maintenance (TPM)," *International Journal of Quality and Reliability Management*, vol. 32, no. 3, pp. 308–331, Mar. 2015, doi: 10.1108/IJQRM-06-2013-0090/FULL/HTML.
- [6] "A Revolution in Manufacturing: The SMED System SHIGEO SHINGO."
- [7] K. T. . Ulrich and S. D. . Eppinger, *Product design and development*. McGraw-Hill Education, 2016.