



Pembuatan Referensi Praktik Dasar Perancangan *Progressive Die* pada Perangkat Lunak Siemens NX

Ignatius Suseno¹, Antonius Adi Sutopo², Fajar Rizaldi S³

^{1,2,3}Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

¹seno@polman-bandung.ac.id ²thopo@polman-bandung.ac.id

Abstract

As a continuous improvement through state-of-the-art discovery and uniqueness for the learning material of the Progressive Die Design practical lecture, it is necessary to update it by reviewing 2 aspects, namely "knowledge of how to design progressive die" and "its application to Siemens NX software". Knowledge is obtained by comparing design methods from several selected sources and producing logical progressive die design operation guidelines in sequence. The application on Siemens NX uses the Siemens NX feature optimization method to produce the best design in a relatively short time, with the guidance of design knowledge that previously obtained. An example of a fairly complex sheet metal product is selected as an object for progressive die design. This design requires the selection and combination of Siemens NX features to produce the stages of operation planning, strip development and die designing. The difference sheet metal geometric complexity will result a different number of stages due to the uniqueness of the alternative features selection and combinations. The knowledge and application of design process are documented into a tutorial reference book and tested on students with a feasibility result above 90%. Eligibility data was obtained by filling out a questionnaire after studying the reference book.

Keywords: design, progressive, die, siemens NX, update

Abstrak

Sebagai perbaikan berkelanjutan melalui penemuan terkini dan unik untuk materi pembelajaran kuliah praktik Perancangan *Progressive Die*, maka perlu dilakukan pemutakhiran dengan meninjau 2 aspek yaitu "pengetahuan cara pendesainan *progressive die*" dan "aplikasinya pada perangkat lunak Siemens NX". Pengetahuan diperoleh dengan metoda membandingkan cara pendesainan dari beberapa sumber pilihan dan menghasilkan panduan operasi pendesainan *progressive die* yang logis secara berurutan. Aplikasi pada Siemens NX menggunakan metode pengoptimalisasian fitur-fitur Siemens NX untuk menghasilkan desain terbaik dengan langkah yang relatif singkat, dengan panduan pengetahuan pendesainan yang didapat sebelumnya. Sebuah contoh produk *sheet metal* yang cukup kompleks dipilih sebagai obyek untuk pendesainan *progressive die*. Pendesainan ini memerlukan pemilihan dan pengkombinasian fitur-fitur Siemens NX untuk menghasilkan tahapan *operation planning*, *strip development* dan *die designing*. Perbedaan kompleksitas geometrik *sheet metal* akan menghasilkan perbedaan jumlah tahapan karena keunikan pemilihan alternatif dan kombinasi fitur-fitur yang dipilih. Pengetahuan dan aplikasi proses pendesainan tersebut didokumentasikan menjadi buku referensi tutorial dan diujicobakan kepada mahasiswa dengan hasil kelayakan diatas 90%. Data kelayakan didapat melalui pengisian kuesioner setelah mempelajari buku referensi tersebut.

Kata kunci: desain, *progressive*, *die*, siemens NX, pemutakhiran

1. Pendahuluan

Materi pembelajaran pada Program Studi Teknologi Pembuatan Perkakas Presisi (*Tool Making*) Politeknik Manufaktur Bandung diantaranya adalah kuliah praktik Perancangan *Progressive Die* menggunakan perangkat lunak Siemens NX. Sampai saat ini proses pembelajarannya masih mengandalkan keterangan dan petunjuk dari menu *help and documentation* dan cuplikan-cuplikan

sumber *online* seperti Youtube yang dikemas dalam bentuk *powerpoint-slide* dan diktat-diktat lepas, sehingga kompetensinya belum tersusun secara sistematis membentuk sebuah pengetahuan perancangan *progressive die*. Untuk tujuan perbaikan berkelanjutan maka perlu dilakukan pembaruan materi kuliah tersebut. Perbaikan ini akan dijadikan referensi baru bagi subyek mata

kuliah tersebut secara khusus dan secara umum dapat menjadi referensi baru bagi pengguna Siemens NX.

Tiga sumber utama dipilih, dipelajari, diperbandingkan, dikaji, dan disimpulkan menjadi pengetahuan pendesainan (*design knowledge*) dan kompetensi aplikasi teknologi (*technology application competency*) dan menjadi sebuah referensi baru. Sumber utama pertama berupa buku teks *Operational Methods In Computer-Aided Design, Chapter 7: Intelligent Techniques for the Planning, Design, and Manufacture of Progressive Dies* [1], sedangkan sumber utama kedua dan ketiga adalah dari perangkat lunak *LoGoPress help and tutorial* [2] dan perangkat lunak *Siemens NX Help and Documentation* [3]. Sumber utama pertama berkategori ilmu pengetahuan, dimana kajiannya didukung oleh literatur-literatur *Sheet Metal Forming Processes And Die Design* [4] dan *Dasar Perancangan Peralatan Penekan (Press Tool)* [5] sebagai sumber sekunder. Sumber utama kedua dan ketiga berkategori aplikasi teknologi pada perangkat lunak CAD. Kajian kedua sumber ini didukung pula oleh sumber-sumber ke [6-9].

Pengetahuan pendesainan akan menjadi panduan bagi kompetensi proses aplikasi teknologi menggunakan CAD termasuk Siemens NX. Melalui sebuah produk *sheet metal* yang cukup kompleks dilakukan pengujian menggunakan Siemens NX untuk mendesain sebuah *progressive die*. Hasil pengujian yang berupa prosedur dan langkah terbaik dalam pendesainan sebuah *progressive die* kemudian didokumentasikan secara tertulis dalam bentuk buku sehingga mudah dipelajari oleh orang lain.

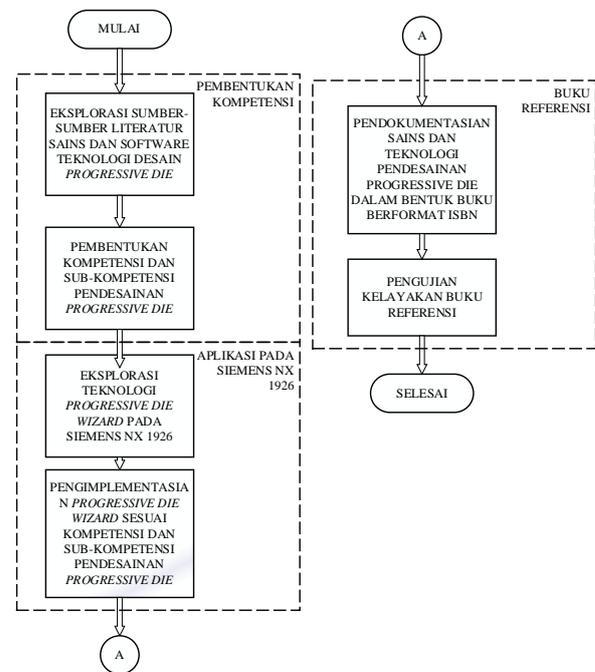
2. Metode Penelitian

Garis besar kronologi penelitian tergambar dalam diagram alir di Gambar 1. Diagram alir terkelompok menjadi 3 yaitu pembentukan kompetensi, aplikasi kompetensi pada Siemens NX, dan penulisan buku referensi. Arah aliran bersifat deduktif dimana kompetensi pendesainan *progressive die* yang terbentuk bersifat umum yang kemudian dapat diaplikasikan pada berbagai *software* CAD (opsi pilihan *software* masih terbuka). Pada kelompok kedua digunakan Siemens NX 1926 untuk pengaplikasian pengetahuan pendesainan *progressive die* dan terakhir didokumentasikan dalam bentuk buku referensi dan tutorial pendesainan *progressive die*.

Pengetahuan pendesainan dibuat menggunakan metoda kualitatif studi pustaka yang merekonstruksi sumber-sumber informasi dan ilmu yang diungkap secara holistik-kontekstual dengan penjabaran secara komprehensif [10]. Bagian ini akan menghasilkan kesimpulan yang berupa

pengetahuan pendesainan *progressive die*. Pengetahuan ini dapat menjadi referensi bagi pendesainan *progressive die* pada berbagai *software* CAD seperti *SOLIDWORKS*, *CIMATRON*, *Siemens NX*, dan lainnya.

Aplikasi pendesainan pada *software* Siemens NX dipilih karena sesuai dengan tujuan awal. Pengguna harus memiliki kemampuan dasar pengoperasian *software* Siemens NX secara umum dan kemudian secara khusus mempelajari fitur-fitur yang ada dalam kelompok menu *Progressive Die Wizard (PDW)*. Selanjutnya adalah melakukan proses pendesainan menggunakan Siemens NX 1926 sesuai dengan pengetahuan pendesainan *progressive die*. Tahapan ini memerlukan sebuah contoh produk *sheet metal* yang cukup kompleks. Kompleksitas desain pada contoh produk *sheet metal* dan iterasi proses pendesainan *progressive die* akan mempengaruhi eksplorasi dan pemilihan fitur-fitur *PDW* yang bisa dipakai atau dibutuhkan.



Gambar 1. Garis besar kronologi penelitian

Kompetensi yang berupa pengetahuan pendesainan dan aplikasinya pada *software* Siemens NX ini kemudian didokumentasikan menjadi buku referensi dan tutorial agar dapat dipelajari secara mudah dan konsisten. Format buku mengikuti standar buku ber-ISBN [11] agar nantinya dapat didaftarkan sebagai buku yang dapat dikenali dan digunakan secara luas. Penggunaan buku ini diujicobakan kepada mahasiswa dan dilengkapi dengan perangkat kuesioner untuk mengetahui kelayakan buku tersebut. Kuesioner dibangun untuk menggali persepsi kualitatif menggunakan skala Likert yang kemudian diperiksa validitas dan

reliabilitas hasilnya, dan akhirnya penyimpulan kelayakan buku tersebut [12-14].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pembentukan Kompetensi Pengetahuan Pendesainan *Progressive Die*

Ketiga sumber utama memiliki tingkat kepercayaan sumber dan relevansi yang tinggi dimana sumber buku teks diterbitkan secara internasional oleh CRC Press LLC yang menerbitkan khusus buku-buku keteknikan, sedangkan dua sumber lainnya berasal dari perangkat lunak kelas dunia LOGOPress-SolidWorks dan Siemens NX PLM.

Sumber dipelajari dengan penekanan pada deskripsi holistik yang dianalisis dengan teknik reduksi data, penampilan data dan penyimpulan [10]. Tabel 1 sampai Tabel 3 adalah tabulasi hasil reduksi data dan penampilan data dari masing-masing sumber.

Tabel 1. Sumber Pertama (*Operational Methods In Computer-Aided Design, Chapter 7: Intelligent Techniques for the Planning, Design, and Manufacture of Progressive Dies*)

| A1. OPERATIONS PLANNING | |
|--|--|
| 1. Unfolding | 2. Nesting |
| 3. Punch Selection | 4. Staging |
| A2. DIE DESIGN | |
| 5. Design Of Stamping Tools | 6. Starting, Stopping, And Gauging The Strip |
| 7. Lifting And Stripping The Strip | 8. Scrap Ejection |
| 9. Fastening And Locating Components | 10. Other Die Components |
| A3. DIE MANUFACTURE | |
| 11. Process Planning | 12. Tool Path Generation |
| 13. Machining | 14. Heat Treatment |
| 15. Assembly (incl. Standard Components) | |

Tabel 2. Sumber Kedua (dari *LoGoPress Help and Tutorial*)

| B1. PART FLATTENING | |
|---|------------------------------|
| 1. Part Unbending By Steps | |
| B2. STRIP LAYOUT | |
| 2. Part Preparation Before Strip Starting | 3. Create A Strip Layout |
| 4. Modify And Update The Strip | |
| B3. DIE DESIGN | |
| 5. Create A Tool From A Template | 6. Modify The Tool |
| 7. Mount Cutting Punches | 8. Insert Dowel Pins |
| 9. Modify/Copy/Delete The Dowel Pins | 10. Insert Screws |
| 11. Insert Guide Posts | 12. Insert Cylindrical Punch |
| 13. Insert Shoulder Bolts | 14. Insert Springs |
| 15. Mount Form Punch | 16. Mount Form Die Insert |
| 17. Hole Table | 18. Bills Of Materials |

Tabel 3. Sumber Ketiga (dari *Siemens NX Help and Documentation*)

| C. HIGH LEVEL WORKFLOW FOR PROGRESSIVE DIE WIZARD | |
|--|------------------------------|
| 1. Part Preparation | 2. Create Intermediate Stage |

| | |
|---|---|
| 3. Initialize PDW Project | 4. Create The Blank Layout |
| 5. Design Scraps | 6. Create A Strip Layout |
| 7. Force Calculation | 8. Add A Die Base |
| 9. Design Piercing Punch And Die Insert | 10. Design Punch And Die Blocks For Bending, Forming, And Burring |
| 11. Add Standard Parts | 12. Relief Design And Pocketing |
| 13. Motion Simulation | 14. Create Assembly Drawing And Bill Of Material |

Pada sumber pertama hanya bagian A1 dan A2 yang berkaitan dengan pendesainan sedangkan sumber kedua dan ketiga seluruhnya berkaitan dengan pendesainan. Sintesis gabungan ketiga sumber dilakukan dengan memeriksa pola umum fenomena holistik kontekstual masing-masing sumber [10] dimana fenomena yang sama akan disatukan menjadi sebuah kelompok dengan isi yang saling melengkapi. Proses sintesis ini sangat dipengaruhi oleh prosedur *heuristic* yang melibatkan kepakaran dan pengalaman tim penulis. Hasil deskripsi kelompok fenomena holistik adalah sebagai berikut:

1. Dari sebuah produk *sheet metal* dianalisis proses-proses apa saja yang dibutuhkan untuk membentuknya. Sintesis proses-proses tersebut dilakukan dengan urutan terbalik mulai dari bentuk final kearah lembaran awal yang rata (*flat*). Proses tersebut berkaitan dengan fitur tertentu yang dibutuhkan secara bertahap untuk membentuk produk sampai akhir. Proses pada A1 (kecuali nomor 3), proses B1, dan proses C (nomor 1 sampai 3) menjadi bagian dari kelompok pertama ini. Urutan fitur-fitur pembentukan yang logis secara efektif dan efisien merupakan hasilnya. Kelompok ini lebih cocok dinamai *OPERATIONS PLANNING* dari pada *PART FLATTENING*.
2. Urutan pembentukan yang logis hasil kelompok pertama kemudian diatur pada pelat logam membentuk tata letak (*layout*) tertentu dengan mempertimbangkan bentuk pasangan *punch* dan *die*, jumlah stasiun, efisiensi penggunaan pelat logam, sampai letak dan besarnya gaya pemotongan. Proses pada A1 (nomor 3 dan 4), proses B2, dan proses C (nomor 4 sampai 7) menjadi bagian kelompok kedua ini. Sebuah *strip Layout* satu siklus (stasiun 1 sampai akhir) adalah hasil dari kelompok ini. Kelompok ini lebih cocok dinamai *STRIP DEVELOPMENT* karena *STRIP LAYOUT* hanyalah salah satu prosesnya.
3. *Strip Layout* yang dihasilkan kemudian digabungkan dengan pilihan *Die Set* standar yang sesuai. Semua pasangan “komponen aktif pembentuk” dilengkapi sesuai dengan fitur-fitur yang diperlukan, misalnya komponen aktif

punches dan dies untuk fitur-fitur pembentukan *cutting/piercing bending, forming, burring, parting*, dan lain-lain. Kelengkapan komponen mekanik standar seperti baut, ring, pegas, dan lain-lain dilengkapi seluruhnya. Simulasi gerakan, gambar bagian dan rakitan, serta *bill of material* dimasukkan pada kelompok ketiga ini sebagai pelengkap. Proses A2, proses B3, dan proses C (nomor 8 sampai 14) menjadi bagian kelompok ketiga ini. Kelompok ini paling sesuai dinamai **DIE DESIGNING**.

Tabel 4 berikut merupakan hasil sintesis yang berupa tabulasi Kompetensi Pengetahuan Pendesainan *Progressive Die*.

Tabel 4. Hasil Kompetensi Pengetahuan Pendesainan *Progressive Die*

| OPERATIONS PLANNING | |
|---|--|
| 1. Analyzing The Product | 2. Determining The Processes |
| 3. Part Flattening | 4. Nesting |
| 5. Staging The Die Operations | |
| STRIP DEVELOPMENT | |
| 6. Create Blank Layout | 7. Design Scraps |
| 8. Create A Strip Layout | 9. Force Calculation |
| DIE DESIGNING | |
| 10. Add A Die Base | 11. Design Pierce Punch And Die Insert |
| 12. Design Punch And Die Blocks For Bending, Forming, And Burring | 13. Add Standard Parts |
| 14. Relief Design And Pocketing | 15. Motion Simulation |
| 16. Create Assy Drawing | 17. Bills Of Materials |

Analisis isi pada Tabel 4 dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Mempunyai isi yang lebih detil baik dari sisi kelompok maupun proses dibanding Tabel 1 dan dapat merangkum semua proses bagian A1 dan A2.
2. Pengelompokkan mirip dengan Tabel 2 tetapi memiliki proses yang lebih detil dikelompok *Operation Planning* dan *Strip Development* dibandingkan kelompok *Part Flattening* dan *Strip Layout*.
3. Memiliki pengelompokkan yang lebih baik dan logis dibanding Tabel 3 sehingga memudahkan pemilihan kelompok fitur-fitur pada aplikasi perangkat lunak nantinya.

3.2. Aplikasi pada Siemens NX (1926)

Aplikasi pada Siemens NX dilakukan dengan mengaktifkan *Progressive Die Wizard* pada menu bar seperti Gambar 2. Kelompok *Operation Planning* pada Tabel 4 setara dengan grup A (*Intermediate Stage Tool*), sedangkan *Strip Development* setara dengan grup B (*Strip Design*) dan *Die Designing* setara dengan grup C (*Die Design*). Kompetensi pengetahuan pendesainan *progressive die* (Tabel 4) secara holistik terbukti memiliki *logic-design* yang sama dengan grup *tool*

bar dan fitur-fiturnya yang berada di dalam menu *Progressive Die Wizard* Siemens NX. Hal ini tentu saja membuat langkah-langkah proses pendesainan menjadi sangat mudah untuk dilaksanakan.



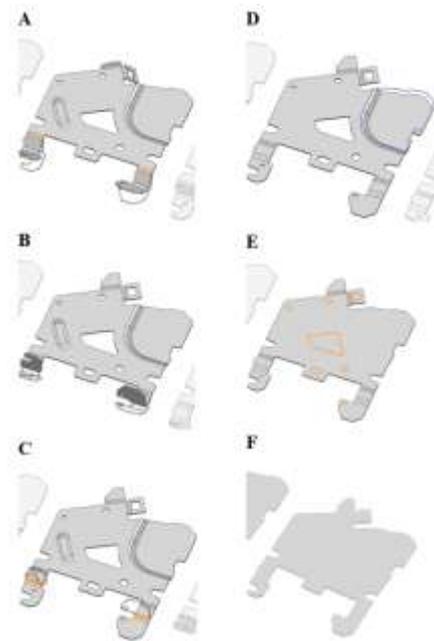
Gambar 2. Menu *Progressive Die Wizard* dengan Grup *Tool Bar* dan fitur-fiturnya

Sebuah produk *sheet metal* yang cukup kompleks seperti Gambar 3 pilih sebagai obyek untuk melakukan ujicoba pengaplikasian pengetahuan pendesainan *progressive die* (Tabel 4) menggunakan perangkat lunak Siemens NX.



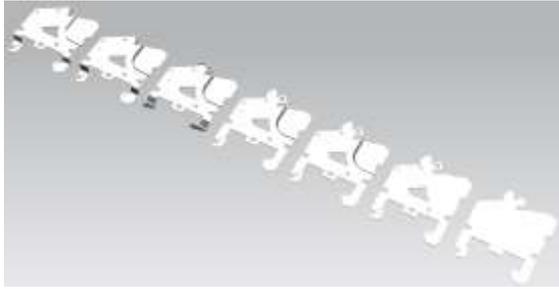
Gambar 3. Produk *Sheet Metal* (Courtesy of Siemens NX)

Proses *Operation Planning* untuk produk pada Gambar 3 menggunakan fitur-fitur pada grup A (*Intermediate Stage Tools*) yang akan menghasilkan urutan proses pembentukan antara bentuk akhir produk dan bentuk awal (masih berupa *flat-blank*) seperti pada Gambar 4. NX menamakan *intermediate stage* untuk bentuk-bentuk antara ini.



Gambar 4. Tahapan *OPERATION PLANNING (Intermediate Stage)*

Gambar 5 menunjukkan hasil tahapan *Operation Planning* ini.



Gambar 5. Hasil Perencanaan Proses berupa Urutan Logis Bentuk-Bentuk Antara (*Intermediate Stage*)

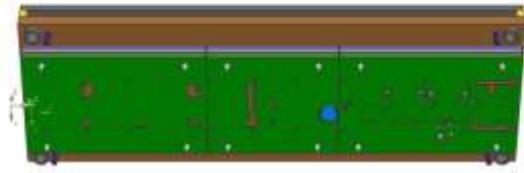
Selanjutnya masuk proses *Strip Development* yang menggunakan fitur-fitur grup B (*Strip Design*). Tahap ini merupakan pengembangan dari *intermediate stage* melalui penambahan stasiun (dengan menyalin satu atau lebih tahapan proses) dengan tujuan agar pemosisian *cutting tools* (*punch* dan *dies*) tidak terlalu rapat. Hasilnya adalah seperti Gambar 6 berupa *Strip Layout* dan informasi hasil perhitungan gaya pembentuk.



Gambar 6. Hasil *Strip Layout* Satu Siklus (Terdiri dari 11 Stasiun) dan Informasi Besar Gaya Pembentuk

Langkah terakhir adalah bagian paling kompleks yaitu *Die Designing* yang selain menggunakan fitur-fitur grup C (*Die Design*) juga menggunakan grup-grup fitur pelengkap seperti *Piercing Insert Design*, *Design Tools*, *Tooling Validation*, *BOM*, dan lainnya. Hasil desain terdiri dari 2 bagian besar yaitu Rakitan Bagian Atas (*Top Half Die Set*) dan Rakitan Bagian Bawah (*Bottom Half Die Set*). Hasil lengkapnya adalah seperti Gambar 7. Data material dapat di-generate seperti terlihat pada Gambar 8. Keseluruhan hasil ini menunjukkan bahwa pengetahuan tahapan proses perancangan *progressive die* dari Tabel 4 dapat diaplikasikan dengan sangat baik pada perangkat lunak Siemens NX.

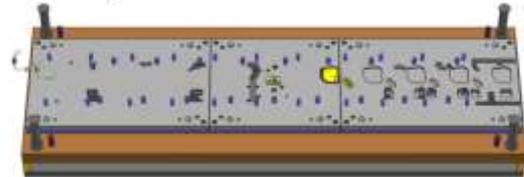
Top Half Die Set



Product Strip Layout



Bottom Half Die Set



Gambar 7. Hasil Lengkap Desain *Progressive Die* (*Top Half Die Set*, *Product Strip Layout* and *Bottom Half Die Set*)

| Siemens Industry Software Co., Ltd BOM Table | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----|------|----------------|--------------|---------|------|----------|-------------|
| ITEM | ITEM NAME | QTY | UNIT | PROJECT NUMBER | PROJECT PART | VERSION | DATE | SUPPLIER | DESCRIPTION |
| 1 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 3 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 4 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 5 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 6 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 7 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 8 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 9 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 10 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 11 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 12 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 13 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 14 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 15 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 16 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 17 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 18 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 19 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 20 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 21 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 22 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 23 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 24 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 25 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 26 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 27 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 28 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 29 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 30 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 31 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 32 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 33 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 34 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 35 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 36 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 37 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 38 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 39 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 40 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 41 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 42 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 43 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 44 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 45 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 46 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 47 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 48 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 49 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 50 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 51 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 52 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 53 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 54 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 55 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 56 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 57 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 58 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 59 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 60 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 61 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 62 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 63 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 64 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 65 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 66 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 67 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 68 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 69 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 70 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 71 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 72 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 73 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 74 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 75 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 76 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 77 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 78 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 79 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 80 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 81 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 82 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 83 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 84 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 85 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 86 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 87 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 88 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 89 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 90 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 91 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 92 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 93 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 94 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 95 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 96 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 97 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 98 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 99 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 100 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Gambar 8. Sebagian Tampilan Data *Bill Of Materials*

3.3. Pendokumentasian (Buku Referensi)

Sesuai penjabaran pada sub-bab 3.1 dan 3.2 maka model penulisan terbagi menjadi 2 yaitu bagian pertama berupa penjelasan teoritis pengetahuan proses perancangan berdasarkan dari Tabel 4 yang dilengkapi dengan penjelasan teoritik dari literatur buku teks terkait dan bagian kedua berupa contoh aplikasinya pada perangkat lunak pendesainan (Siemens NX). Dengan pola ini maka setelah memahami bagian pertama dan contoh aplikasi pada bagian kedua, pembaca dapat juga mencoba mengaplikasikan pada perangkat lunak lain seperti Cimatron atau LogoPRESS, sehingga isi dokumentasi (buku) dapat berfungsi sebagai buku ajar atau referensi.

Untuk tujuan penyebaran keilmuan yang luas maka buku direncanakan didaftarkan untuk mendapatkan nomor ISBN dengan kategori Buku Ajar atau Buku Referensi Terbitan Perguruan Tinggi. Penulisan buku mengikuti aturan buku ber-ISBN [11]. Buku dibuat dengan judul **Referensi Praktik – Dasar Merancang Progressive Die Menggunakan Siemens NX** dengan jumlah halaman sekitar 290. Cuplikan hasil penulisan buku ini dapat dilihat pada tautan berikut:

<https://drive.google.com/file/d/1vj19hORaLsQorM8rtaBwOUjMsmMney0e/view?usp=sharing>

Dalam bentuk awalnya (*draft*) buku ini diujicobakan kepada 10 mahasiswa untuk mempelajari isi buku dan memberikan penilaiannya pada aspek materi, komunikasi, visualisasi, dan manfaat (masing-masing aspek memiliki beberapa pertanyaan). Perangkat penilaian menggunakan metoda kuesioner deskriptif berskala psikometrik menurut Likert.

Ke-10 mahasiswa responden adalah mahasiswa tingkat akhir program Diploma 3 Pembuatan Perkakas Presisi. Sejak dari semester pertama sampai semester 5 mereka telah melalui perkuliahan wajib seperti Gambar Teknik Mesin, CAD CAM dan CNC, Desain dan Konstruksi Jig & Fixture, Desain dan Konstruksi DIES serta Desain dan Konstruksi Molding. Mereka juga telah melakukan magang industri atau *internship* selama satu semester.

Perangkat kuesioner dirancang dengan isi sesuai tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Definisi dan Pengukuran (Pertanyaan) pada Kuesioner

| DEFINISI | PENGUKURAN |
|--|---|
| Aspek Materi; merupakan aspek yang memandang penyajian konten dari buku referensi yang dibuat. | P1: Materi sesuai dengan kebutuhan pembaca dalam merancang <i>progressive die</i> . |
| | P2: Kelengkapan materi. |
| | P3: Kesesuaian materi untuk diimplementasikan pada <i>software</i> . |
| | P4: Klasifikasi materi. |
| | P5: Materi yang dijelaskan mendukung implementasi pada <i>software</i> . |
| Aspek Komunikasi; merupakan aspek kemudahan bagi responden dalam memahami kalimat yang disampaikan. | P1: Kemudahan memahami materi. |
| | P2: Kemudahan memahami instruksi untuk diimplementasikan pada <i>software</i> . |
| | P3: Kesesuaian bahasa asing. |
| | P4: Keefektifan bahasa. |
| Aspek Visualisasi; merupakan aspek keterbacaan (<i>readability</i>) teks dari buku referensi yang telah dibuat | P1: Kesesuaian tata letak gambar. |
| | P2: Kesesuaian tata letak penjelasan dan instruksi. |
| | P3: Ilustrasi membantu menjelaskan materi dan |

| | | |
|---|---|---|
| Aspek Manfaat; merupakan aspek yang menunjukkan kebermanfaatan dari buku referensi yang telah dibuat. | serta kenyamanan responden dalam melihat dan memahami gambar. | instruksi. |
| | | P4: Ukuran dan warna teks. |
| | | P5: Ukuran dan warna ilustrasi/gambar. |
| | | P1: Mengerti fungsi fitur-fitur <i>PDW</i> pada <i>software</i> Siemens NX. |
| | | P2: Mengerti cara menggunakan fitur-fitur <i>PDW</i> pada <i>software</i> Siemens NX. |
| | P3: Mempermudah belajar mandiri. | |
| | P4: Mengembangkan kemampuan pembaca. | |
| | P5: Kebermanfaatan referensi pembelajaran. | |

Validasi instrumen kuesioner menghasilkan nilai rerata Aspek Materi 0,7768, Aspek Komunikasi 0,6907, Aspek Visualisasi 0,7394 dan Aspek Manfaat 0,831 dimana semuanya lebih besar dari nilai R-Tabel 0,632 pada taraf signifikansi 5% yang artinya perangkat kuesioner valid digunakan. Keandalan (reliabilitas) kuesioner menghasilkan nilai *Cronbach's Alpha* aspek materi 0,8315, aspek komunikasi 0,6507, aspek visualisasi 0,7937 dan aspek manfaat 0,8252. Semua nilai *Omitted Item Alpha* (total 19 pertanyaan atau item) lebih kecil dari *alpha* untuk masing-masing aspek yang berarti semua pertanyaan menghasilkan konsistensi jawaban yang tinggi. Akhirnya perhitungan skor kelayakan menghasilkan prosentasi aspek materi 90%, aspek komunikasi 90%, aspek visualisasi 89% dan aspek manfaat 92%. Semua prosentasi berada pada interval ke 5 (80% sampai 100%) dengan kualifikasi "sangat layak".

4. Kesimpulan

Kompetensi pengetahuan pendesainan *progressive die* berhasil disintesa dengan baik dengan karakter yang mengintegrasikan sumber pengetahuan teoritik dengan sumber-sumber praktis sehingga mempunyai sifat aplikatif yang tinggi dalam kemudahan penggunaannya. Pengujian pada Siemens NX menghasilkan proses yang berjalan sangat lancar dengan hasil desain yang sangat lengkap dan komprehensif. Pendokumentasian berhasil dibuat dengan kriteria buku ajar atau buku referensi sesuai format buku ber-ISBN (sudah siap untuk diajukan) sehingga akan memudahkan dalam penyebarluasannya, dan dengan harapan dapat melengkapi kompetensi dan materi ajar aplikasi pendesainan *progressive die* (yang termasuk masih jarang) pada berbagai perangkat lunak (tidak hanya pada Siemens NX saja). Dalam proses pembelajaran telah dilakukan uji coba penggunaan *draft* buku tersebut dengan kelayakan yang sangat baik menurut penilaian dalam kuesioner yang dihasilkan menurut perspektif mahasiswa responden. Penilaian secara obyektif yang sebenarnya terhadap kemanfaatan penelitian dan

buku yang dihasilkan ini memang masih memerlukan waktu seiring dengan penggunaannya.

Ucapan Terimakasih

Dukungan dari rekan-rekan di Jurusan Teknik Manufaktur, Laboratorium CAD-CAM-CNC dan Laboratorium Teknologi Pembuatan Perkakas Presisi sangat membantu kelancaran penelitian ini. Untuk itu kami mengucapkan terima kasih dengan sangat.

Daftar Rujukan

- [1] Leondes, C.T., 2001. Operational Methods In Computer-Aided Design. 1st ed., vol. 3. Washington, D.C: CRC Press, 2001.
- [2] LoGoPress. Accurate Die Design Software. [Online] [Accessed date 2024]. Tersedia di : <https://www.diedesignsoftware.com/software/LogoPress>.
- [3] Siemens. NX, 2020. Introduction to the Progressive Die Wizard. [Online] [Accessed 2024] Tersedia di : <https://docs.sw.siemens.com/en-US/doc/209349590/PL20191127135844554.pdw/xid242696>
- [4] Boljanovic, V., 2014. Sheet Metal Forming Processes And Die Design. 2nd ed. United States of America: Industrial Press Inc.
- [5] Mahmudah, A., 2019. Dasar Perancangan Peralatan Penekan (Press Tool). Bandung: Politeknik Manufaktur Bandung.
- [6] Permana, S., 2022. Perancangan Progressive Hybrid Tool Untuk Stay Head Light BEJ/AT. Bandung: Politeknik Manufaktur Bandung.
- [7] Company, A. I., Progressive Die Stamping. American Industrial Company. [Online]. [Accessed 2024].
- [8] P. Engineering, "Sheet Metal (Stamping)/Body Parts & Assemblies," Procon Engineering, [Online]. Tersedia: <https://procon.com.pk/sheet-metal-body-parts/>. [Accessed 2024].
- [9] Steinel, Die Sets And Die Plates, Steinel. [Online]. Tersedia: <https://www.steinel.com/en/products-services/die-sets-and-die-plates> . [Accessed 2024].
- [10] Adlini, M. N., Dinda, A.H., Yulinda , S., Chotimah, O., Merliyana, S. J., 2022. Metode Penelitian Kualitatif Studi Pustaka. Jurnal Pendidikan EDUMASPUL, 6 (1), pp. 974-980.
- [11] Perpustakaan Nasional RI., 2022. Petunjuk Teknis Layanan ISBN. Jakarta Pusat : Perpustakaan Nasional RI.
- [12] Sugiyono., 2013. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- [13] N. Wahyuni, Uji Validitas dan Reliabilitas. Binus University, [Online]. Tersedia di: <https://qmc.binus.ac.id/2014/11/01/u-j-i-v-a-l-i-d-i-t-a-s-d-a-n-u-j-i-r-e-l-i-a-b-i-l-i-t-a-s/> . [Accessed 2024].
- [14] Sujawerni, V. W., 2016. *Kupas Tuntas Penelitian Akuntansi Dengan SPSS*, 1st ed, Yogyakarta: Pustaka Baru Press.